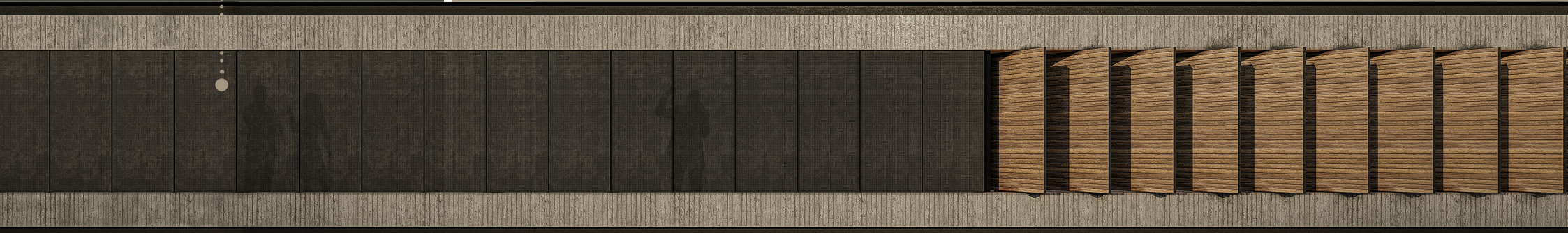


TRABAJO DE TITULACIÓN

PROPONER UN MÓDULO PREFABRICADO DE MORTERO CON FIBRA ÓPTICA A NIVEL ARQUITECTÓNICO PARA UNA VIVIENDA

Autores: Daniel León - Oscar Serrano
Director: Arq. Alex Serrano
Cuenca - Ecuador
2019





UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

**“Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica
a nivel arquitectónico para una vivienda”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Arquitecto

AUTORES:

Daniel Alejandro León Morocho

C.I. 1600464000

Oscar Xavier Serrano Ramírez

C.I. 0302240650

DIRECTOR:

Alex Daniel Serrano Tapia

C.I. 0103669974

Cuenca - Ecuador

Junio 2019.



Resumen:

Debido a la innovación y a los avances en el conocimiento de los materiales para la construcción, la prefabricación de elementos constructivos para el diseño arquitectónico se vuelve una mejor alternativa en cuanto a calidad, reducción en tiempos de ejecución, mayor seguridad, durabilidad y versatilidad en el diseño. Todo esto gracias a la posible industrialización. Así el módulo prefabricado de mortero y fibra óptica denominado Módulo MF o Panel MF busca innovar y ser un modelo útil para el diseño arquitectónico mediante el mortero traslúcido.

El documento consta de dos partes:

1) La teórica, donde se desarrollan temas como: la prefabricación, la materialidad, el mortero, el molde, la textura del mortero, la modulación y la fibra óptica como transmisor de luz. 2) La práctica, aquí se detalla el diseño del molde y del panel de mortero con fibra óptica (Panel MF).

Para comprobar la eficacia del diseño del molde y la translucidez que genera la fibra óptica al mortero endurecido, se realizó dos experimentos: el primero con fibra óptica de diámetro 1.5mm y el segundo con fibra óptica de diámetro 3mm. En ambos casos se dio énfasis a la construcción del cofre y la colocación de la fibra óptica en el mismo, la dosificación del mortero junto al pigmento de color negro, la resistencia a compresión del mortero y, por último, al trabajo conjunto del mortero con la fibra óptica para el debido traspaso de luz.

Una vez terminado el prefabricado de muestra y comprobado el correcto funcionamiento entre los materiales que lo conforman, se aplicó el Panel MF en un anteproyecto de vivienda para establecerlo como una opción de prefabricado para el diseño arquitectónico, y así a su vez mostrar las posibilidades que este generaría en una obra de arquitectura, incluso en el diseño de interiores.

Palabras claves: Prefabricado. Fibra óptica. Módulo. Panel. Luz.



Abstract:

Due to the innovation and the advances in the knowledge of the materials for the construction, the prefabrication of constructive elements for the architectural design becomes a better alternative in terms of quality, reduction of the execution times, greater security, durability and versatility in the design. All this thanks to the possible industrialization. So, the prefabricated module of mortar and fiber optics called Module MF or Panel MF seeks to innovate and be a useful model for architectural design by means of a translucent mortar.

The document has two parts:

1) The theoretical, where topics such as: prefabrication, materiality, mortar, mold, mortar texture, modulation and fiber optic as a light transmitter are developed. 2) The practice, here is the design of the mold and the mortar panel with fiber optics (Panel MF).

To verify the effectiveness of the design of the mold and the translucency generated by the fiber optics to the hardened mortar, two experiments were carried out: the first with fiber optic of 1.5 mm in diameter and the second with fiber optic with a diameter of 3 mm. In both cases, emphasis was placed on the construction of the mold and the placement of the fiber optic in it, the dosage of the mortar together with the black pigment, the resistance to compression of the mortar and, finally, the joint work of the mortar with fiber optics for the correct transfer of light.

Once the prefabricated sample was finished and the correct functioning between the component materials was verified, the MF Panel was applied in a preliminary housing project to establish it as a prefabricated option for the architectural design, and in turn shows the possibilities that it would generate in a work of architecture.

Keywords: Precast. Fiber optic. Module. Panel. Light.



Índice:

Agradecimientos

Dedicatoria

Cláusula de propiedad intelectual

Cláusula de licencia y autorización

Resumen

Abstract

Objetivos

Capítulo 1: Generalidades

1.1 Introducción

1.2 Definición y delimitación del problema

1.3 Justificación de la problemática

1.4 Conclusiones

1.5 Referencias

1.6 Bibliografía

Capítulo 2: Cualidades y aportes de los prefabricados y la fibra óptica

2.1 Los sistemas prefabricados

2.2 Materialidad

2.3 El Mortero

2.3.1 Usos del mortero

2.3.2 Tipos de mortero

2.3.3 Morteros de alta resistencia

2.4 El molde y el acabado del material

2.5 Modulación

2.5.1 Van Der Laan y el número de plástico

2.5.2 La sección áurea o número de oro

2.6 Fibra óptica como transmisor de luz

2.7 Conclusiones

2.8 Referencias

2.9 Bibliografía

2.10 Referencias de imágenes

Capítulo 3: Propuesta de módulo prefabricado no estructural, Panel MF

3.1 Propuesta arquitectónica

3.1.1 Descripción del módulo

3.1.2 Planta cofre

3.1.3 Elevaciones cofre

3.1.4 Secciones cofre

3.1.5 Planta y elevación frontal módulo

3.1.6 Planta y elevación posterior módulo

3.2 Propuesta constructiva

3.2.1 Proceso constructivo cofre

3.2.2 Elementos y materialidad

3.2.3 Detalles

3.3 Experimentación del módulo

3.3.1 Descripción

3.3.2 Materialidad del cofre

3.3.3 Construcción del cofre

3.3.4 Materialidad del panel

3.3.5 Construcción del panel

3.3.6 Desencofrado y acabado

3.3.7 Ensayos de resistencia a la compresión

3.4 Conclusiones

3.5 Recomendaciones

3.6 Referencias de imágenes



Capítulo 4: Anteproyecto de vivienda aplicando el módulo prefabricado propuesto

- 4.1 Anteproyecto arquitectónico
 - 4.1.1 Memoria descriptiva
- 4.2 Plantas arquitectónicas
 - 4.2.1 Emplazamiento
 - 4.2.2 Planta baja
 - 4.2.3 Planta alta
- 4.3 Elevaciones y secciones
 - 4.3.1 Fachada frontal
 - 4.3.2 Fachada posterior
 - 4.3.3 Fachada lateral izquierda
 - 4.3.4 Sección a-a
 - 4.3.5 Sección b-b
- 4.4 Secciones constructivas
 - 4.4.1 Sección constructiva sc-01
 - 4.4.2 Sección constructiva sc-02
- 4.5 Detalles constructivos
 - 4.5.1 Sección isométrica
 - 4.5.2 Planta cimentación
 - 4.5.3 Planta estructura columnas-vigas
 - 4.5.4 Detalles
- 4.6 Propuesta 3d
 - 4.6.1 Materialidad, luces y sombras
- 4.7 Conclusiones
- 4.8 Recomendaciones
- 4.9 Referencias de imágenes



Cláusula de Propiedad Intelectual

Daniel Alejandro León Morocho, autor del trabajo de titulación "Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica a nivel arquitectónico para una vivienda", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 03-06-2019

Daniel Alejandro León Morocho

C.I.:1600464000

Cláusula de Propiedad Intelectual

Oscar Xavier Serrano Ramírez, autor del trabajo de titulación "Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica a nivel arquitectónico para una vivienda", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 12-06-2019

Oscar Xavier Serrano Ramírez

C.I.:0302240650



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Daniel Alejandro León Morocho en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica a nivel arquitectónico para una vivienda”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 03-06-2019

Daniel Alejandro León Morocho

C.I.:1600464000

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Oscar Xavier Serrano Ramírez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica a nivel arquitectónico para una vivienda”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 12-06-2019

Oscar Xavier Serrano Ramírez

C.I.:0302240650

Se recomienda visualizar este documento a dos páginas simultáneas.



Figura 0

“El ejercicio de la arquitectura es la más deliciosa de las labores. Es también junto con la agricultura, la más necesaria para el hombre”

Philip Johnson

“Creo en la “arquitectura emocional”, es muy importante para la humanidad que la arquitectura emocione por su belleza. Si hay muchas soluciones técnicas igualmente buenas, la que trae un mensaje de belleza y de emoción buena para quien vive o admira los espacios...esa es arte”

Luis Barragán

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer por medio de este párrafo a las personas que me supieron ayudar y apoyar durante el proceso de redacción e investigación de este trabajo de titulación. Primero agradezco a mis padres quienes desde siempre me han dado su apoyo incondicional. Agradezco al Arq. Alex Serrano quien con su ayuda nos ha guiado y enseñado como amigo y como tutor, sus consejos durante este proceso de trabajo han sido clave para orientarnos y centrarnos en lo más importante.

De la misma manera cabe mencionar mis agradecimientos a las diferentes personas que nos brindaron su ayuda durante el proceso constructivo del panel, al Arq. Edison Castillo y el Arq. Jonathan Aguirre

Daniel León

Agradecer a mis padres, quienes me han apoyado y soportado en todos los momentos; a mis hermanos los que han estado a mi lado para inculcarme cosas buenas y el valor de la responsabilidad y la dedicación; a mis amigos y mi pareja quienes han estado conmigo y han entendido cuando he tenido que ausentarme para cumplir con las obligaciones. Al Arquitecto Alex Serrano, de igual manera, por apoyarnos durante este arduo proceso, darnos consejos y siempre motivarnos a buscar soluciones.

Agradecimiento especial al Arq. Edison Castillo y Arq. Jonathan Aguirre, quienes siempre han estado como apoyo profesional y personal durante todo el trabajo.

Oscar Serrano

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres Jorge León y Mariana Morocho quienes me apoyaron durante toda mi carrera universitaria, ellos inculcaron en mí y me enseñaron que todo lo que se hace con pasión y dedicación tendrá buenos frutos y me enorgullece decirles que este es solo el primer paso de un largo camino de éxitos propuestos.

También dedico este trabajo de titulación a todos aquellos estudiantes que tienen ideas emprendedoras, ya que la innovación y los avances deberían ser un tema de enseñanza por parte de los docentes de cualquier institución, buscar medios que mejoren diferentes aspectos de la arquitectura es mejorar la calidad de vida de las personas.

Daniel León

A mis padres y hermanos, darles el orgullo de poder cumplir un sueño mas para ellos y para mi; dedicar a toda mi familia, quienes cada día con su ayuda y preocupación han estado para ayudar y apoyar en cada decisión y resultado de mi vida.

Quiero dedicar este trabajo de titulación a alguien muy especial: Mi ángel Mamita Guilla, quien siempre ha estado y estará conmigo a mi lado, inculcando valores, principalmente el de la prudencia.

Oscar Serrano

CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Cláusula de Propiedad Intelectual

Daniel Alejandro León Morocho, autor del trabajo de titulación "Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica a nivel arquitectónico para una vivienda", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 03-06-2019



Daniel Alejandro León Morocho

C.I:1600464000

Cláusula de Propiedad Intelectual

Oscar Xavier Serrano Ramírez, autor del trabajo de titulación "Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica a nivel arquitectónico para una vivienda", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 12-06-2019



Oscar Xavier Serrano Ramírez

C.I:0302240650

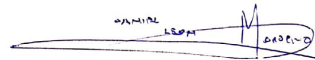
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Daniel Alejandro León Morocho en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica a nivel arquitectónico para una vivienda”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 03-06-2019



Daniel Alejandro León Morocho

C.I.:1600464000

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Oscar Xavier Serrano Ramírez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Proponer un módulo prefabricado de mortero con fibra óptica a nivel arquitectónico para una vivienda”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 12-06-2019



Oscar Xavier Serrano Ramírez

C.I.:0302240650

RESUMEN

Debido a la innovación y a los avances en el conocimiento de los materiales para la construcción, la prefabricación de elementos constructivos para el diseño arquitectónico se vuelve una mejor alternativa en cuanto a calidad, reducción en tiempos de ejecución, mayor seguridad, durabilidad y versatilidad en el diseño. Todo esto gracias a la posible industrialización. Así el módulo prefabricado de mortero y fibra óptica denominado Módulo MF o Panel MF busca innovar y ser un modelo útil para el diseño arquitectónico mediante el mortero traslúcido.

El documento consta de dos partes:

1) La teórica, donde se desarrollan temas como: la prefabricación, la materialidad, el mortero, el molde, la textura del mortero, la modulación y la fibra óptica como transmisor de luz. 2) La práctica, aquí se detalla el diseño del molde y del panel de mortero con fibra óptica (Panel MF).

Para comprobar la eficacia del diseño del molde y la

translucidez que genera la fibra óptica al mortero endurecido, se realizó dos experimentos: el primero con fibra óptica de diámetro 1.5mm y el segundo con fibra óptica de diámetro 3mm. En ambos casos se dio énfasis a la construcción del cofre y la colocación de la fibra óptica en el mismo, la dosificación del mortero junto al pigmento de color negro, la resistencia a compresión del mortero y, por último, al trabajo conjunto del mortero con la fibra óptica para el debido traspaso de luz.

Una vez terminado el prefabricado de muestra y comprobado el correcto funcionamiento entre los materiales que lo conforman, se aplicó el Panel MF en un anteproyecto de vivienda para establecerlo como una opción de prefabricado para el diseño arquitectónico, y así a su vez mostrar las posibilidades que este generaría en una obra de arquitectura, incluso en el diseño de interiores.

Palabras clave: prefabricado, fibra óptica, módulo, panel, luz.

ABSTRACT

Due to the innovation and the advances in the knowledge of the materials for the construction, the prefabrication of constructive elements for the architectural design becomes a better alternative in terms of quality, reduction of the execution times, greater security, durability and versatility in the design. All this thanks to the possible industrialization. So, the prefabricated module of mortar and fiber optics called Module MF or Panel MF seeks to innovate and be a useful model for architectural design by means of a translucent mortar.

The document has two parts:

1) The theoretical, where topics such as: prefabrication, materiality, mortar, mold, mortar texture, modulation and fiber optic as a light transmitter are developed. 2) The practice, here is the design of the mold and the mortar panel with fiber optics (Panel MF).

To verify the effectiveness of the design of the mold

and the translucency generated by the fiber optics to the hardened mortar, two experiments were carried out: the first with fiber optic of 1.5 mm in diameter and the second with fiber optic with a diameter of 3 mm. In both cases, emphasis was placed on the construction of the mold and the placement of the fiber optic in it, the dosage of the mortar together with the black pigment, the resistance to compression of the mortar and, finally, the joint work of the mortar with fiber optics for the correct transfer of light.

Once the prefabricated sample was finished and the correct functioning between the component materials was verified, the MF Panel was applied in a preliminary housing project to establish it as a prefabricated option for the architectural design, and in turn shows the possibilities that it would generate in A work of architecture.

Key words: Precast, fiber optic, module, panel, light.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	II	1.4 Conclusiones.....	22
Dedicatoria.....	III	1.5 Referencias.....	23
Cláusula de propiedad intelectual.....	IV	1.6 Bibliografía.....	23
Cláusula de licencia y autorización.....	V		
Resumen.....	VI	Capítulo 2: Cualidades y aportes de los prefabrica-	24
Abstract.....	VII	dos y la fibra óptica	
Objetivos.....	XII		
 Capítulo 1: Generalidades	 14		
1.1 Introducción.....	15	2.1 Los sistemas prefabricados.....	25
1.2 Definición y delimitación del problema.....	17	2.2 Materialidad.....	29
1.3 Justificación de la problemática.....	21	2.3 El Mortero.....	33
		2.3.1 Usos del mortero.....	40
		2.3.2 Tipos de mortero.....	41
		2.3.3 Morteros de alta resistencia.....	46
		2.4 El molde y el acabado del material.....	51

2.5 Modulaci3n.....	57	3.1.2 Planta cofre.....	87
2.5.1 Van Der Laan y el n3mero de pl3stico.....	58	3.1.3 Elevaciones cofre.....	88
2.5.2 La secci3n 3urea o n3mero de oro.....	62	3.1.4 Secciones cofre.....	89
2.6 Fibr3 33ptica como transmisor de luz.....	71	3.1.5 Planta y elevaci3n frontal m3dulo.....	90
2.7 Conclusiones.....	78	3.1.6 Planta y elevaci3n posterior m3dulo.....	91
2.8 Referencias.....	79	3.2 Propuesta constructiva.....	93
2.9 Bibliograf3a.....	80	3.2.1 Proceso constructivo cofre.....	93
2.10 Referencias de im3genes.....	82	3.2.2 Elementos y materialidad.....	98
Cap3tulo 3: Propuesta de m3dulo prefabricado no	84	3.2.3 Detalles.....	101
estructural, Panel MF		3.3 Experimentaci3n del m3dulo.....	103
3.1 Propuesta arquitect3nica.....	85	3.3.1 Descripci3n.....	103
3.1.1 Descripci3n del m3dulo.....	85	3.3.2 Materialidad del cofre.....	104
		3.3.3 Construcci3n del cofre.....	107

3.3.4 Materialidad del panel.....	110	4.2.1 Emplazamiento.....	125
3.3.5 Construcción del panel.....	113	4.2.2 Planta baja.....	126
3.3.6 Desencofrado y acabado.....	114	4.2.3 Planta alta.....	128
3.3.7 Ensayos de resistencia a la compresión....	116	4.3 Elevaciones y secciones	131
3.4 Conclusiones.....	118	4.3.1 Fachada frontal.....	131
3.5 Recomendaciones.....	119	4.3.2 Fachada posterior.....	132
3.6 Referencias de imágenes.....	120	4.3.3 Fachada lateral izquierda.....	133
Capítulo 4: Anteproyecto de vivienda aplicando el módulo prefabricado propuesto	122	4.3.4 Sección a-a.....	134
4.1 Anteproyecto arquitectónico.....	123	4.3.5 Sección b-b.....	135
4.1.1 Memoria descriptiva.....	123	4.4 Secciones constructivas.....	137
4.2 Plantas arquitectónicas.....	125	4.4.1 Sección constructiva sc-01.....	137
		4.4.2 Sección constructiva sc-02.....	139
		4.5 Detalles constructivos.....	141

4.5.1 Sección isométrica.....	141
4.5.2 Planta cimentación.....	142
4.5.3 Planta estructura columnas-vigas.....	143
4.5.4Detalles.....	145
4.6 Propuesta 3d.....	147
4.6.1 Materialidad, luces y sombras.....	147
4.7 Conclusiones.....	152
4.8 Recomendaciones.....	153
4.9 Referencias de imágenes.....	154

OBJETIVOS

GENERAL Y ESPECÍFICOS

OBJETIVOS

Objetivo general

- Plantear un módulo prefabricado no estructural mediante mortero y fibra óptica como materiales para aplicarlos a una vivienda en la Ciudad de Cuenca.

Objetivos específicos

- Establecer aportes sobre el empleo de prefabricados para vivienda.
- Identificar las cualidades y potencialidades formales de un sistema de medida modular.
- Identificar las cualidades que ofrece la fibra óptica como material transmisor.
- Elaborar un anteproyecto de vivienda utilizando el módulo prefabricado propuesto.

PRIMER
CAPÍTULO 1
GENERALIDADES

1.1

INTRODUCCIÓN

La arquitectura es el arte y la técnica de crear, proyectar y construir edificios, de tal manera que en él se puedan desenvolver todas las actividades humanas, estos deben ser funcionales, perdurables y estéticamente valiosos.

Desde la antigüedad se han empleado pastas y morteros elaborados con varios materiales como: arcilla, yeso o cal para unir mampuestos en edificaciones. Por el año 2600 a.C. en el Antiguo Egipto ya se usaban los primeros ejemplos de mortero, en donde se empleaban pastas de yeso y calizas disueltas con agua para poder levantar sus construcciones, sin embargo es en el 450 o 500 a.C. donde los Griegos descubrieron ciertos materiales procedentes de depósitos volcánicos, los cuales mezclados con caliza, arena y agua producían un mortero de gran resistencia capaz de resistir a la acción del agua dulce y salada (Velasco, 2010).

Estos conceptos de cemento y mortero han ido evolucionando a lo largo de los años y nos han permitido crecer

en usos y aplicaciones de estos materiales. Durante las últimas décadas se han desarrollado nuevas aplicaciones para el mortero como morteros de inyección, morteros de alta resistencia, morteros aligerados con diversos materiales, morteros reforzados, etc. y gracias a esto se tiene nuevas técnicas constructivas que enriquecen a la arquitectura.

La idea de combinar tecnología con la construcción cada día aumenta, es por eso que utilizar elementos como la fibra óptica y aplicarlos en la arquitectura nos abre nuevos campos de posibilidades y resultados.

Este trabajo busca explorar y desarrollar una nueva técnica constructiva a través del uso de la fibra óptica con materiales como el mortero, basado en sistemas constructivos prefabricados, para aplicarlos en cerramientos verticales de viviendas. Los conceptos de rapidez y fácil aplicación en la construcción son los que nos permiten abordar el tema de prefabricado, pues este es una alter-

nativa de construcción que brinda rapidez en la construcción y reduce la cantidad de desperdicios en obra.

Para poder llegar a este resultado creemos conveniente conocer temas sobre el mortero, la prefabricación, la modulación y por supuesto la fibra óptica. Estos temas son importantes tocar en este trabajo de titulación para determinar las pautas necesarias para nuestra propuesta final.

Según el Arquitecto Oscar Niemeyer: "La arquitectura es creación".

El desarrollar prefabricados a base de hormigón es uno de los métodos más usados en el momento de fabricarlos, sin embargo poder abordar nuevos métodos constructivos para los elementos prefabricados como el mortero y combinarlos con la tecnología como la fibra óptica nos permite obtener resultados interesantes.

Este concepto nos permite crear, innovar y experimen-

tar nuevos procesos constructivos, al mismo tiempo que nos abre un camino valioso en una línea de investigación moderna para futuros trabajos de investigación.



12

DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La arquitectura ha ido evolucionando a través de los años, desde sus construcciones con tierra, madera, hormigón, ladrillo, acero, etc., hasta los múltiples métodos de construcción que hoy poseemos.

En la actualidad los métodos de construcción “tradicionales” con los cuales nos referimos a la construcción mediante hormigón armado, bloque y ladrillo, son perfectamente identificables tanto en áreas urbanas como rurales. En muchas de las ocasiones son la primera opción de los arquitectos para desarrollar un proyecto y los resultados pueden ser tanto buenos como malos.

Ecuador es un país donde este sistema prevalece, las estructura, es decir, columnas, vigas y losas se levantan en hormigón armado; y como elementos de cierre: fachadas y particiones interiores, por lo general con ladrillo o bloque. “Actualmente se están abordando nuevas tecnologías por parte de varias empresas en el Ecuador para la construcción de viviendas como sistemas prefabricados,

sistemas de Steel Frame, entre otros” (Ekos, 2018).

El hacer de la vivienda y la construcción un negocio para el hábitat provoca que los arquitectos no proyecten con sistemas constructivos diferentes a los tradicionales, centrándose en los ya existentes y dejando de lado la investigación, innovación y desarrollo de nuevos métodos constructivos y nuevos resultados. De todos estos, la innovación en la arquitectura viene de la mano de un sistema constructivo que permita diseñar edificios con mejoras estéticas, pero también funcionales. La realidad local nos muestra que existe desinterés en generar conocimiento de modelos constructivos.

“Los materiales de construcción y la actividad misma de la construcción que producen mayor impacto al medio ambiente, pero de inevitable uso, desarrolladas por la humanidad; los materiales empleados en la construcción traen consecuencias al medio ambiente como la explotación de recursos naturales no renovables y la gran can-

Figura 1



tividad de residuos de construcción y demolición” (Serrano, Quesada, & Guillén, 2015).

Como parte de una solución a la afección del medio ambiente, las empresas han apostado por la prefabricación e industrialización de elementos constructivos y para que un prefabricado afecte menos al medio ambiente que un sistema tradicional de construcción, es necesario que este sea como una pieza fácil de montar y desmontar ya que esto aportaría muchos beneficios como reciclaje, fácil reparación, reúso, etc.

Con respecto al hormigón y al acero podemos decir que son materiales útiles por si solos o combinados, ambos pueden coexistir de manera armónica o bien por separado como solución idónea para desarrollar proyectos arquitectónicos. El acero permite reducir el tiempo de construcción comparado con el hormigón, lo cual es importante en el tema de inversión por costo de mano de obra. Otro beneficio del acero es que las estructuras pesan menos

que los otros sistemas, es menos compleja que la de una estructura tradicional, lo que hace más fácil su diseño y construcción. “El acero al ser una construcción más limpia, estas estructuras generan menos traumatismos en las obras y menor impacto ambiental, además de que puede reciclarse fácilmente mediante procesos siderúrgicos.” (Rojas & Arenas, 2008). Entonces un sistema prefabricado que haga uso de elementos de acero que también vienen a ser prefabricados aporta mucho en cuanto a tiempos, disminución de residuos, facilidad de armado, etc.

Si bien estos dos sistemas constructivos son mayormente aceptados por los arquitectos y sus clientes, abordar el tema de los prefabricados aportaría una opción más para construir y así un nuevo modelo aplicable a proyectos de vivienda, por ejemplo. Al ser un sistema producido industrialmente, se busca optimizar sus características físicas: su resistencia y acabado. “Como principales ventajas de los sistemas prefabricados tenemos que permite redu-

Figura 2



Figura 3

cir la mano de obra necesaria para la ejecución, disminuye el tiempo de construcción, se minimiza el desperdicio de materiales, etc.” (Velasco, 2010).

En el Ecuador como opciones constructivas diferentes al mencionado “sistema tradicional” tenemos: AISLAPOL, sistema de poliestireno, malla y mortero de recubrimiento; HORMYPOL (Figura1), sistema similar al AISLAPOL; HORMI2 (Figura2), sistema conformado de un alma de poliestireno, reforzado con envoltorio de malla y mortero de alta resistencia; BALAT (Figura3), sistema compuesto por módulos prefabricados como casetas, oficinas, baños, etc. a base de contenedores. Estas opciones, las cuales encontramos en nuestro medio tienen características, materiales y resultados similares, conformando así un grupo de alternativas a la construcción, algunas enfocadas tanto al cerramiento como al soporte de cargas y otras solamente a la envoltorio.

Los sistemas prefabricados gracias a sus métodos in-

dustrializados ofrecen mejores condiciones constructivas que otros sistemas, sin embargo, por falta de conocimiento y poca disponibilidad en el mercado estas alternativas tienden a ser descartadas.

El uso de prefabricados en el diseño de viviendas debería ser simple y rápido, sin requerir demasiada maquinaria, es por eso que el peso y el anclaje del elemento debe ser pensado y diseñado para una vivienda; por tal motivo se han desarrollado medidas preventivas que se puedan implementar en el momento de la obra.

“En los ámbitos de diseño se ha desarrollado un modelo de arquitectura para “armar” debido a que no se aprovecha la evolución de las tecnologías para la industrialización personalizada. Igualmente, la vivienda ha sufrido cambios, por lo que se han realizado estudios que pretenden demostrar que la estética de las viviendas prefabricadas en Chile con el tiempo ha cambiado, dejando de lado las soluciones comunes para dar cabida a nuevas alterna-



tivas.” (Benítez, 2012).

En la actualidad el uso de sistemas prefabricados es una clara alternativa de solución para la construcción de viviendas, lo que deja a un lado la construcción artesanal debido a que este sistema prefabricado garantiza un nivel de calidad sensiblemente superior al conseguido mediante técnicas manuales, por eso se evidencia que el uso de estos elementos prefabricados (Figura4) en nuestro medio es una buena opción para proponer la construcción de viviendas que beneficien tanto a los usuarios como a la ciudad.

El presente trabajo de investigación además de proponer un sistema prefabricado busca plasmar criterios de “prefabricación y personalización” para realizar proyectos de arquitectura donde el valor del espacio, la materialidad y la innovación resulten de un módulo prefabricado.

Figura 4

13

JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Con respecto a lo expuesto en el punto anterior, es necesario elaborar un documento teórico-práctico en donde se traten temas y conceptos de prefabricación, modulación, fibra óptica y de mortero para definir el panel que se pretende proponer. Este panel si bien no busca ser estructural, se debe tener en cuenta ciertas consideraciones para que el mismo tenga una resistencia adecuada y que ofrezcan la cualidad de seguridad que los usuarios buscan.

Es necesario aclarar que con esta investigación no se pretende tildar de mala técnica constructiva u obsoleta a los sistemas tradicionales, sino más bien, aprendiendo de ellos y mediante el uso correcto de los materiales, demostrar que se puede tener los mismos o mejores resultados en el diseño arquitectónico gracias a los prefabricados, además de buscar ubicar a estos sistemas en la misma categoría de importancia que los sistemas ya mencionados, de modo que el usuario considere como una alternativa

y una solución viable al momento de optar por sistemas de cerramientos verticales (Figura5) o particiones interiores. Incluso el poder combinar los sistemas tradicionales como el acero con sistemas prefabricados es una opción que se puede manejar para obtener los beneficios tanto de los sistemas de construcción tradicionales como de los sistemas de construcción prefabricados.

El aporte que esta investigación pretende dar es la introducción de una nueva tecnología como lo es la fibra óptica combinada con materiales de construcción como el mortero, el cual comúnmente no se lo utiliza para desarrollar elementos prefabricados; para ubicarlos dentro del campo de elementos prefabricados. El uso y la combinación de estos dos elementos permite al arquitecto y al usuario llevar adelante su máxima expresión artística, creativa y arquitectónica brindando una óptima solución tanto constructiva como estética.




Figura 5



14

CONCLUSIONES

En la ciudad de Cuenca los sistemas constructivos para las envolventes de los edificios se repiten, usualmente son muros de ladrillo o de bloque, esto se evidencia más en edificios de vivienda. Las tecnologías son las mismas y no se ha planteado algún modelo diferente que haga uso de prefabricados para formular las fachadas.

Mediante el panel prefabricado que se propone en esta investigación, se busca dar a conocer que las posibilidades formales pueden ser innovadoras.

En este caso se plantea combinar la fibra óptica con el mortero de cemento, para así generar un módulo prefabricado que sólo o combinado con materiales como el ladrillo, la madera, bloques de hormigón, etc., aporten diversidad en el diseño arquitectónico de la envolvente de un edificio.

1.5

REFERENCIAS

- Benítez Eggers, F. (2015). Cambios estéticos en la casa prefabricada en Chile. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Ekos. (2018). Materiales más demandados del sector construcción. Mundo Constructor, 20-29.
- Rojas, M., & Arenas, J. (2008). Comparación Técnico-Financiera del Acero Estructural y el Hormigón Armado. Dyna Nro. 155, 47-56.
- Serrano, A., Quesada, F., & Guillén, V. O. (2015). Sobre la evaluación de la sostenibilidad de materiales de construcción. ASRI, 24.
- Velasco, A. P. (2010). El Hormigón y el Acero como materiales utilizados estructuralmente y su expresión estética en la Arquitectura. Cuenca: Universidad de Cuenca.

1.6

BIBLIOGRAFÍA

- De Guzmán Báez, A. (2010). Estudio de las propiedades fundamentales de elementos prefabricados de hormigón no estructurales, con incorporación de áridos reciclados en su fracción gruesa y fina. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- De Luxan, M., & Gómez, G. (2006). Dos bloques de viviendas y locales comerciales en San Cristóbal de los Ángeles, Madrid. Madrid, España: Informes de la Construcción, vol. 58. Obtenido de CSIC.
- Escrig Pérez, C. (2002). Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón. Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras a la Ingeniería, 1-7.
- Fernández Ordóñez, D., & Fernández Gómez, J. (2009). Industrialización para la construcción de viviendas. Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón. Informes de la Construcción, 9.
- Huete Fuertes, R. (2001). El Arquitecto y el diseño de paneles prefabricados de fachada. Edificación, 11-15.
- IECA. (16 de octubre de 2007). IECA – Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. Obtenido de <https://www.ieca.es/historia-del-cemento/>
- Irrarázaval, S. (2009). Casas Container. Porfolio ARQ, 14-19.
- Irrarázaval, S. (2009). Escuela Modular. Obras y Proyectos, 30-35.
- Quinchía, A., Valencia, M., & Giraldo, J. (2007). Uso de lodos provenientes de la industria papelera en la elaboración de paneles prefabricados para la construcción. Revista EIA, 10-19.
- Vásquez, C. (2009). El diseño del sistema de cerramiento. Cuadernillo de la Técnica ARQ82, 6-11.

SEGUNDO

CAPÍTULO 2

CUALIDADES Y APORTES DE LOS PREFABRICADOS Y LA FIBRA ÓPTICA

2.1

LOS SISTEMAS PREFABRICADOS

Para comenzar a entender a los sistemas prefabricados, debemos partir de su concepto:

- La prefabricación es un sistema de construcción industrializado en el que su principal aporte es en la producción de elementos o sistemas elaborados en serie, generalmente en una fábrica, y que se llevan al lugar de construcción para su posterior montaje. La construcción prefabricada o industrializada no se entiende solo como un sistema que permite ahorrar tiempo y dinero en obra, sino más bien permite solucionar y resolver problemas y programas determinados en las viviendas.

Según Ricardo Maspons González, la prefabricación representa una revolución en los esquemas clásicos de organización y construcción, permitiendo el uso de nuevos métodos y técnicas en el momento de la ejecución de una obra.

"Un sistema de construcción industrializado, es un es-

quema de construcción que mediante la adecuada planeación de las tareas y presupuesto, y una selección de equipos y materiales puede generar elevados rendimientos en obra y optimizar recursos, sin afectar las condiciones económicas y la generación de empleo" (Novas, 2010).

Los métodos de producción y construcción han ido evolucionando a lo largo del tiempo debido a los avances tecnológicos, los cuales han permitido que los materiales tradicionales se puedan mejorar para ser usados en el desarrollo de nuevos sistemas.

Cabe recalcar que la industrialización no hace referencia al desarrollo de nuevos productos, sino más bien hace uso de los materiales y elementos disponibles para desarrollar formas y métodos de construcción. El desarrollo de estos sistemas prefabricados industrializados realizados en fábrica nos permite tener un mayor control, no solo en calidad de resultados sino en calidad de uso de materiales y producción.



Figura 7

Se pueden identificar tres etapas diferentes en el progreso de los sistemas constructivos industrializados y prefabricados.

En su primera etapa se desarrollaron productos con soluciones tipológicas muy rápidas, que no beneficiaron en sí a los procesos constructivos y los limitaron para poder aplicar a proyectos.

Posterior a esto, comenzaron a desarrollarse sistemas de componentes semiabiertos. Estos sistemas permiten obtener una variedad, aunque limitada, de tipologías a partir de diseños de componentes muy elevados pero de poca flexibilidad.

Gracias al intercambio de ideas y experiencias entre especialistas a lo largo del tiempo, la prefabricación ha evolucionado y ha permitido adquirir costumbres y modalidades, estableciendo reglas que se han convertido en leyes en países extranjeros.

“En la actualidad se está generando un tercer momento en el uso de sistemas industrializados. Ahora se construyen sistemas prefabricados que son completamente abiertos, capaces de proporcionar una gran variedad de posibilidades de desarrollo de diseño de tipologías. Con la tecnología actual, y los avanzados sistemas computarizados, prácticamente se puede construir en fábrica cualquier componente de un edificio para ser montado en obra.” (Nieto Cárdenas, 2014).

Para el uso y desarrollo de sistemas de construcción prefabricados se puede usar diferentes materiales como la tierra, el mortero, el hormigón (Figura 7), la arcilla y el acero; sin embargo, el mortero al ser usado como material, ya sea, de relleno, de enlucido o de unión entre elementos, no se lo considera como principal para la construcción de elementos prefabricados.

Una de las principales ventajas que ofrece la prefabricación en general, son: la racionalidad en el proyecto,



Figura 8

que permite un diseño más riguroso, es decir acoplar las formas y geometrías para una modulación determinada (Figura 8); economía tanto en materiales, transporte, mano de obra y en el tiempo; además de la calidad final del proyecto que permite tener mucho más control de calidad en el desarrollo de los elementos constructivos para su posterior montaje en el lugar.

“Dentro de los sistemas prefabricados para edificaciones se puede mencionar que se dividen en tres sistemas, siendo estos:

- Mecánico: todos los subsistemas son manufacturados y transportados a la obra en piezas para ser ensamblados. Viga - columna, paneles y juntas integradas.
- Módulo 3D: todos los elementos son elaborados, ensamblados y terminados en fábrica y luego transportados a la obra. Módulo seccional y caja
- Híbrido: se elabora en fábrica los elementos sofisti-

cados de los edificios y se realiza en obra los elementos que son penalizados por el transporte. Mecanización en obra” (Nieto Cárdenas, 2014).

Es importante decir que los sistemas prefabricados en la actualidad tienen las puertas abiertas para la construcción ya que constituye un salto significativo en el desarrollo de la tecnología y la industrialización.



Figura 9

2.2

MATERIALIDAD

La arquitectura es un arte que maneja distintos materiales para conformarse y consolidarse, por lo que su calidad está en función de cómo se los emplea de manera conjunta. Es por eso que el arquitecto contemporáneo procura estudiar y comprender a cada material con el que trabaja, diseñando desde los entresijos y suelos hasta las paredes y detalles que conforman la obra arquitectónica, pensando en cada esquina del proyecto como aquella zona donde la materialidad jugará un papel importante para el acabado estético de la obra.

Antiguamente en la construcción se empleaban los recursos existentes en el entorno y los más próximos, puesto que estos eran fáciles de obtener. Usar los materiales de esta manera nos ha dejado tradiciones vernáculas en todo el mundo. (Figura9)

"Tanto las casas de adobe de México como las de tablones de madera de Nueva Inglaterra, las cabañas de ladrillo y sílex del valle del Támesis o las granjas de piedra

del noreste de Francia tienen un elemento en común: todas hacen uso de materiales autóctonos." (Wilhide, 2005, pág. 6).

La arquitectura vernácula hace uso de los materiales de manera óptima sin abusar de ellos, dando como resultado una arquitectura que se suele relacionar por su acabado estético con arquitectura pobre, arquitectura de bajos recursos, sin embargo, son más respetuosas con el paisaje. Actualmente existen obras contemporáneas sobresalientes realizadas con técnicas vernáculas.

Los materiales también han sido indicadores de poder y estatus en diferentes tipos de arquitectura, especialmente en la religiosa, en la cual el uso de materiales atípicos era esencial al momento de diseñar. La cantidad de ornamentos en fachadas y elementos estructurales las hacían ver como obras imponentes.

La aplicación de los materiales en la arquitectura del

Siglo XX se vio alterada con la industrialización, la cual anteponía la funcionalidad y la producción en masa ante el valor que tiene el manejo del material artesanalmente, además de que al producir en masa los costos se disminuían.

Materiales de características sencillas y auténticas (sin alterar su apariencia natural) fueron reemplazados por elementos novedosos de calidad y acabados toscos como, por ejemplo: el acero, el hormigón armado y grandes paneles de vidrio. (Figura10) Esta concepción de los materiales se ha mantenido hasta la actualidad, sin embargo, se ha establecido una definida línea separadora entre lo natural y artificial, cada una con diferentes potencialidades aprovechadas por el arquitecto diseñador con el fin de concebir una obra funcionalmente correcta y estéticamente adecuada.

El acabado del material puede aportar a un elemento arquitectónico texturas diferentes, colores variados y for-





mas complejas, además de poder combinarlos entre sí y experimentar con ellos, de esta manera se abre un mundo de posibilidades artísticas.

Actualmente la materialidad esta enfocándose a la sostenibilidad produciéndose diferentes materiales y realizando reciclaje. Un planteamiento de materialidad, su uso y reúso es el de la sostenibilidad en la arquitectura industrializada.

“La hipótesis planteada consiste en que, a partir de los sistemas de construcción modular ligera que se comercializan bajo el sistema de alquiler (que hace posible que los módulos regresen a la fábrica una vez cumplida su vida útil, recuperándose sus componentes) se puede desarrollar un sistema de gestión de los recursos empleados en el ciclo de vida de los edificios capaz de cerrar los ciclos materiales hasta en un 90% (en la construcción convencional se alcanza un 10%).” (Wadel, Avellaneda, & Cuchí, 2010)

Figura 10



Figura 11

2.3

EL MORTERO

"En el sentido general de la palabra, el mortero puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland y/o otros materiales cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos..." (Sanchez de Guzmán, 2001).

"Este término se refiere a la mezcla de pasta y agregado fino (arena), que es utilizada en la nivelación de pisos, en la estabilización de taludes y especialmente en la construcción de mampostería, en donde se usa como pegante de ladrillos o como recubrimiento de muros, caso en el cual se le conoce como pañete, repello o revoque" (Asocreto, 2011). (Figura11).

La manera en la que ha evolucionado el mortero como material a través del tiempo es muy importante para en-

tenderlo, es por eso que dividiremos su evolución en 6 diferentes clasificaciones:

1. Morteros Prehistóricos: Tanto la cal como el mortero de cal se mencionan en la vida del hombre a lo largo de la historia, por ejemplo desde el comienzo del hombre cuando este preparaba su alimento y refugio en hogares que hacían ya uso de estos materiales.

"El uso de morteros solo de cal tiene su primera aplicación conocida en la Máscara de Jericó, una calavera cubierta con empaste de cal pulida, la cual data del año 7000 a.C." (Álvarez, 2015).

Se han encontrado viviendas que datan de esta época y que han sido construidas con el ladrillo como material principal, y suelos pulidos de mortero con cal. También en las viviendas neolíticas, del Mediterráneo Oriental y Europa, se han realizado excavaciones donde se han hallado suelos que utilizan la cal como material.



Figura 12

2. Morteros Egipcios: Los Egipcios utilizaron el yeso para la mampostería de bloques, por ejemplo en la Pirámide de Keops en el año 2600 a.C. (Figura12) y fue aquí donde se alcanzó un gran conocimiento acerca de la preparación y uso de dicho material. Además, aquí fue donde se utilizó por primera vez el yeso puro como material aglutinante. De acuerdo a su aplicación y su conocimiento diferenciaban a los yesos como:

- Yesos de colocación.- Utilizados para colocar enormes bloques de piedra que se disponían en planos inclinados y de esa manera controlar deslizamientos.
- Yesos de acabado.- Se lo utilizó en el levantamiento de cimientos y tabiques, también para cubrir las superficies irregulares de las juntas o de alguna imperfección en los materiales y por último para enlucidos de decoración.
- Yesos de decoración.- Estos yesos complementaban y

en algunos casos reemplazaban a los yesos de acabados, ya que su consistencia permitía decoraciones complejas.

3. Morteros Griegos: “El uso de cal como ligante tiene origen en el periodo neolítico y su uso de mortero de cal se podría decir que corresponde a los griegos y romanos” (Furlan, Bissegger, 1975).

Vitrubio describe el “pulimentado de morteros” como una práctica de la Grecia antigua afirmando que el tratamiento dado por los griegos ayudaba con las contracciones y rupturas. Uno de los avances que se dio en la historia del mortero fue cuando se añadió a la mezcla de materiales uno que puedan favorecer las propiedades, por ejemplo elementos puzolánicos los cuales ayudaba a la estabilidad y dureza del mortero.

4. Morteros Romanos: Las tecnología y técnicas constructivas griegas fueron heredadas por los romanos, tomando así el empleo de morteros de cal en la construc-



Figura 13

ción.

Cuando empezaron a utilizar los morteros de cal también optaron por añadir elementos extras que mejoren las propiedades del mortero, por ejemplo, los romanos añadieron en la mezcla como agregado lava ligera. Este ejemplo se lo encuentra en construcciones como el Foro Romano en Ostia, en Pompeya (Figura13) y Herculano.

5. Morteros Medievales: Según distintas investigaciones sobre la Edad Media y los morteros, se puede decir que no hubo un progreso técnico notable con respecto a este material, debido a la caída del Imperio Romano, ya que esto también influyó en la negativa visión sobre la evolución tecnológica, en donde, cada país y región siguió con su propia vía de desarrollo.

A pesar de las costumbres heredadas, los constructores medievales continuaron elaborando morteros con los mismos ingredientes que los romanos, pero en cuanto a la

calidad del producto final este resultaba no ser semejante, mucho menos mejor, posiblemente por una mala selección de los materiales.

“Algunos autores e investigadores afirman que aproximadamente por el año 1500 comenzaron a introducir ciertas sustancias orgánicas al mortero como: cera de abejas, arroz, gluten, etc. Sin embargo, a pesar de estas variaciones, con respecto a la calidad, durante la Edad Media no existe un progreso notable en la fabricación del mortero” (Sickels, 1981).

6. Morteros Actuales: En el año 1811, James Frost realiza la patente de un material cementante artificial obtenido de la calcinación lenta de la arcilla y la caliza molida, anticipándose de esta manera a un proceso que llevaría al establecimiento de cementos “hidráulicos”, uno de ellos, el más famoso conocido como “Portland”.

“En 1845, Isaac Johnson obtuvo el prototipo de cemen-

to moderno, él fue quien logró “clinkerizar” la mezcla que da lugar al cemento. Los cementos producidos a partir de 1850 se realizaron con métodos ya modernos, moliendo la cal y la arcilla en un molino húmedo y calcinando la mezcla a temperaturas entre 1300° y 1500°. La caliza de esta manera se convierte en cal viva, que se une con una arcilla formando un clinker de cemento Portland. Luego de volver a moler y calcinar, el clinker se deja enfriar y se añade una pequeña cantidad de yeso para prolongar el tiempo de fraguado” (Álvarez, 2015).

A partir de esta época se ha producido una constante evolución en la técnica y en la ciencia del mortero (Figura 14), la cual ha dado paso a la preparación y desarrollo de nuevos ligantes y morteros, que han permitido abrir un enorme campo en la investigación de estos materiales y sus usos.

El mortero esta conformado por diferentes ingredientes, es por eso que debemos analizar cada uno de ellos



Figura 14

para entender su funcionamiento. La descripción de los componentes del mortero se realiza desde un punto de vista volumétrico, destacando tres elementos principales, los cuales son: aglomerante, arena y agua; y en ocasiones se añade un cuarto componente: aditivo.

- Aglomerante: O también llamado ligante, corresponde a materiales como cemento, cal, yeso, etc aunque por lo general corresponde al cemento. Este es el ingrediente que proporciona al mortero sus principales propiedades debido a la naturaleza del mismo, tiene diferentes aspectos que influyen en diseño del mortero, estas son: Finura del Molido: esta característica influye principalmente en la resistencia a la compresión del mortero, especialmente en sus resistencias iniciales. Dosificación del Cemento: es un punto importante, pues condiciona la relación agua-cemento, lo que determina la resistencia a la compresión que el mortero requiera.

- Agua: Al igual que el aglomerante es un factor im-

portante, ya que una buena relación entre el agua y el cemento nos permitirá obtener una buena resistencia del material. También es importante por que el agua no solo sirve para la mezcla del mortero, sino también ayuda en el proceso de curado del mismo para obtener las resistencias diseñadas.

“El agua debe ser la necesaria para obtener un buen desempeño del mortero, además no debe contar con agentes dañinos que afecten las propiedades del mortero” (Alcalá, 2018).

- Arena: Con respecto a este material es necesario analizar varios factores: la granulometría, forma, tamaño, propiedades físicas y químicas, etc., El tamaño máximo de agregado para que se considere agregado fino es de 4.75mm, si el agregado supera este tamaño se considera ya como agregado grueso y ya no forma parte de la denominada “arena” (ASTM C144, 1974).



Figura 15

- Aditivos: Estas sustancias pueden ser orgánicas e inorgánicas y se añaden a la mezcla durante la preparación del mortero, aunque algunas ya se encuentran adicionadas en el cemento. Este elemento tiene el objetivo de unificar o generar ciertas características en la mezcla, ya sea en estado plástico o endurecido. Según las normas ASTM, la cantidad de aditivo no debe ser mayor que el 5% del total del cemento. Las funciones más comunes que brindan los aditivos son: facilitar el fraguado, retardar el fraguado, aumentar la impermeabilidad del mortero, mantener la humedad en estado fresco por más tiempo, reforzar el mortero. Un pigmento también es considerado un aditivo y su función es dar color a la mezcla (Figura 15) siendo el cemento el que absorbe el color, más no los agregados.

Los morteros poseen propiedades tanto en su estado plástico como en su estado endurecido. Propiedades de los morteros en estado plástico:

- Manejabilidad: consiste en que tan manipulable re-

sulta ser la mezcla. La manejabilidad depende de la consistencia del mortero en su estado blando o seco, ya que depende de la proporción de arena, cemento y la forma, finura y textura de la arena.

- Retención de agua: hace referencia a la capacidad del mortero de mantener su plasticidad cuando se encuentra en contacto con la superficie sobre la que va a ser colocado. La retención de agua influye en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final, ya que un mortero que no retenga el agua no permite la hidratación del cemento.

Para mejorar la retención de agua en los morteros se puede agregar aditivos incorporadores de aire.

- Velocidad de endurecimiento: esta velocidad se conoce como fraguado y el tiempo para que el mortero frague depende de la composición del mismo material y de las condiciones ambientales que se presenten, como el clima y la humedad.



Propiedades de los morteros en estado endurecido (Figura 16):

- **Retracción:** esta propiedad principalmente se debe a la retracción de la pasta de cemento y aumenta cada vez más cuando el mortero tiene altos contenidos de cemento. Para mejorar la retracción y evitar agrietamientos hay que tener en consideración la textura de la arena utilizada en la mezcla y el clima, ya que en ambientes cálidos el agua tiende a evaporarse más rápido.
- **Adherencia:** hace referencia a la capacidad de absorber tensiones normales y tangenciales que unen al mortero con la estructura. Para la mampostería se debe tener en cuenta la rugosidad de la superficie sobre la que se va a colocar el mortero, debe ser lo más rugosa posible y que tenga una absorción adecuada.
- **Resistencia:** dependiendo de la función que desempeñe el mortero, este debe tener una resistencia que

responda a su aplicación, si se utiliza el mortero como material pegante debe brindar una unión resistente entre los elementos; si se utiliza el mortero como mampostería estructural su resistencia a compresión debe ser alta.

Para obtener una buena resistencia es necesario analizar la calidad de los granos de arena, el tipo de cemento y el contenido de agua, ya que este último brindan mayor resistencia.

- **Durabilidad:** este concepto hace referencia a la duración y vida útil que presenta el mortero ante agentes externos tales como: temperaturas bajas, agentes corrosivos, penetración de agua, etc. Los morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad.

- **Apariencia:** una buena apariencia del mortero, especialmente en las mamposterías de ladrillo, dependerá de su plasticidad y su acabado de la colocación en el encofrado.

Figura 16

“Los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde pueden ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.” (Gutiérrez de López, 2003).

Para poder entender el uso de los morteros, los vamos a dividir en morteros de pega, de relleno y de recubrimiento.

- Morteros de pega: Este tipo de mortero es utilizado para pegar elementos de mampostería (Figura17). Debe ser bueno resistiendo esfuerzos de tensión y compresión, por lo que debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines.

- Morteros de relleno: su función es llenar los espacios vacíos de los elementos en las mamposterías, como por ejemplo de un ladrillo hueco estructural. Este mortero, al igual que el anterior debe tener una buena resistencia, ya

que al rellenar los vacíos forman un elemento de mortero longitudinal por donde también puede pasar refuerzo metálico.

- Morteros de recubrimiento: este mortero no cumple una estructural, solamente se lo utiliza para enlucir, es decir, proporcionar una superficie uniforme en los muros. Al no cumplir una función estructural no necesita de una alta resistencia, se lo podría considerar pobre ante resistencia de cargas.

Actualmente se están desarrollando nuevos métodos constructivos con el mortero, adicionándole nuevos agregados para ver como trabaja, algunos ejemplos son: arcilla expandida, cascara de arroz e incluso fibra de vidrio, los cuales pueden mejorar las propiedades del mortero y brindarle nuevos usos en la construcción. También se están produciendo avances para producir morteros de altas resistencias mediante dosificaciones y aditivos.



2.3.2

TIPOS DE MORTERO

El conocimiento técnico y científico de los morteros ha ido evolucionando para obtener mejores resistencias, mejores acabados, reducir costos, menos peso de los elementos, etc y continuara con este avance según se siga investigando sus propiedades. De acuerdo a los diferentes tipos de morteros teniendo en cuenta el desarrollo de sus agentes aglomerantes tenemos:

- Morteros de Yeso: “Los morteros de yeso son una pasta formada por la mezcla de escayola (yeso), amasándola solamente con agua” (Orus, 1972). Su uso puede ser variado, para enlucido de superficies, como material ornamental, para fabricar ciertos elementos constructivos entre otros.

Los morteros de yeso a diferencia de los morteros de cal son menos resistentes al agua, no son buenos para el exterior, ya que el yeso es un compuesto relativamente soluble. Es por eso que estos morteros sufren daños por motivos de infiltración de agua lluvia o subterránea.

“Durante mucho tiempo los morteros de yeso, sean puros o mixtos, han sido utilizados para decoraciones interiores con técnicas muy variadas.” (León, Vázquez, & Torres, 2012).

- Morteros de Cal: Resultan de la mezcla de sustancias como: agua, cal y arena. Una vez realizada la pasta se pone a trabajar, se endurece poco a poco hasta convertirse en una capa de piedra de milímetros de espesor, en donde su resistencia aumenta progresivamente. Se caracteriza por ser maleable y plástico, lo que lo hace diferente a los demás morteros, sin embargo la dureza a tiempos cortos no es propicia.

Como ya habíamos mencionado en temas anteriores podemos decir, que los morteros de cal son de los primeros morteros utilizados en todas las culturas debido a su buen trabajo y utilidad en la construcción.

Figura 17

· Morteros Puzolánicos: Son una mezcla de cemento puzolánico con arena y agua. Este cemento portland puzolánico es el resultado de la adición de materiales como arcilla o pizarras con el cemento portland. Es muy parecido a los morteros romanos los cuales eran una mezcla de cal apagada, polvo molido de rocas volcánicas y fragmentos de cerámicas y áridos del mismo tipo.

“Una característica importante de este mortero, es la mezcla de cal aérea y polvo de rocas volcánicas y de cerámica, además su fraguado cuando entra en contacto con el agua presenta propiedades mecánicas mejores que los morteros de cal y yeso” (Granada, 2019).

· Morteros de Cemento (Figura18): Este mortero fue inventado en 1974 y se volvió muy popular después de la Primera Guerra Mundial, superando al mortero de limo para aplicarlo en nuevas construcciones. Uno de los motivos por los que tuvo mucho auge fue su capacidad de secado fuerte y rápido.





El mortero de cemento se forma a partir de la mezcla de agua, cemento y arena, y posee mejor resistencia que los antes mencionados. En este mortero la granulometría de la arena, finura, humedad, la relación agua - cemento, la calidad del agua y el tipo de cemento juega un papel importante para su calidad final.

Las condiciones de trabajabilidad son variables y dependen de la proporción de arena y cemento usados. Si el mortero tiene menor cantidad cemento que arena, la mezcla se hace áspera y poco trabajable, debido a que las partículas rozan entre si y no existe mucha pasta que actúe en forma de lubricante. Por otra parte, si el mortero contiene mayor cantidad de cemento que de arena, este se vuelve resistente pero con alta retracción en secado, es decir, se puede agrietar o fisurar fácilmente.

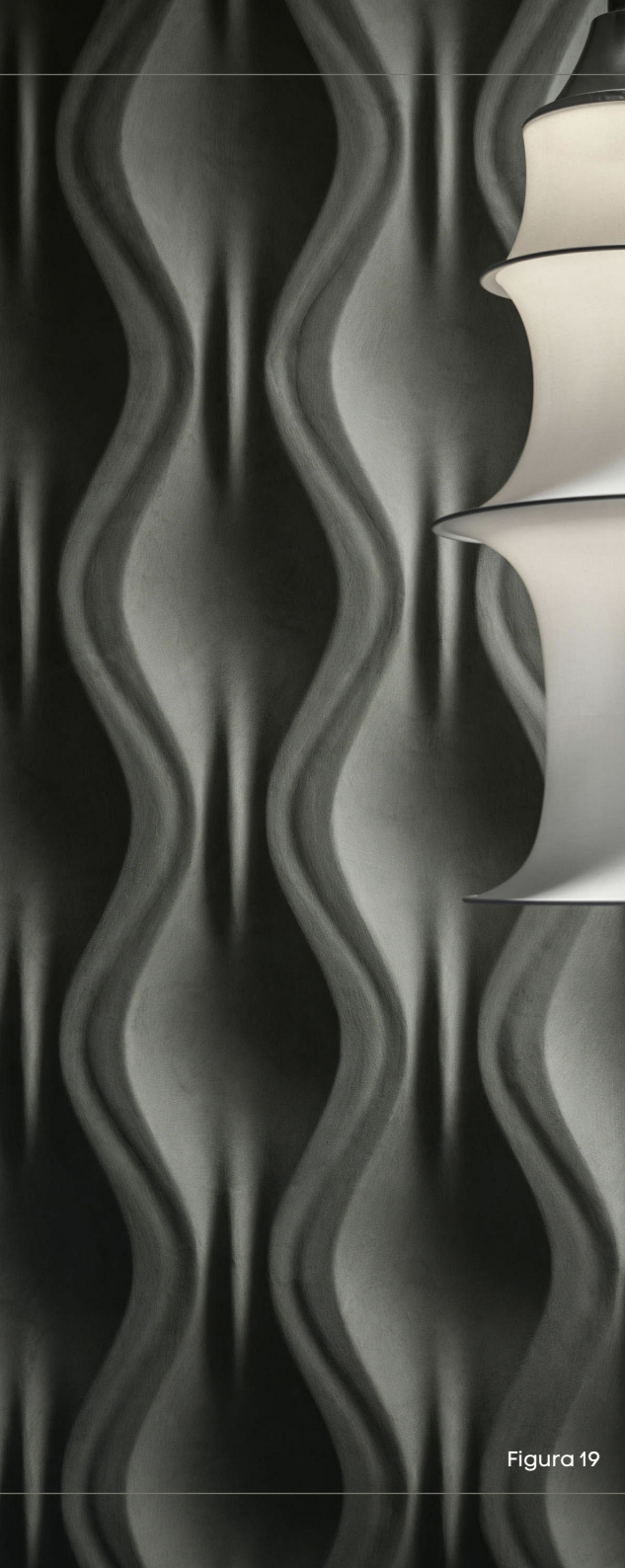
- Morteros de Limo: La mala velocidad de fijación es uno de los mayores inconvenientes de los morteros de limo y se lo puede mejorar mediante el uso de piedras ca-

lizas impuras. Gracias a este material extra en la composición podremos obtener un limo hidráulico que se fija al contacto con el agua.

- Morteros Restauradores de Estructuras: Este tipo de mortero esta realizado con cemento portland, arenas de cuarzo y aditivos en polvo, los cuales dan un producto adecuado para reparar elementos estructurales de hormigón, es por eso que el uso más común que se da a este mortero restaurador es: reparar secciones de columnas o estructuras de hormigón que hayan sufrido algún golpe, reparar estructuras que presenten desprendimientos de hormigón por la corrosión de acero de refuerzo, parchar huecos en pisos, recubrir superficies irregulares, entre otros.

“Con respecto a los tipos de mortero en la construcción, tanto en la norma Ecuatoriana, Colombiana, ASTM es generalizado el asignar una letra a los morteros para distinguirlos según sus propiedades y usos. Se designa-

Figura 18



ron las letras M, S, N, O y K, la cuales corresponden al deletreo de cada dos letras de la palabra '**Mason Work**' o trabajo de mampostería." (Asocreto, 2011).

- Mortero tipo M: este mortero se caracteriza por presentar altas resistencias y ofrecer mayor durabilidad. Se recomienda utilizarlo en mampostería con o sin refuerzo que requiera soportar altas cargas de compresión, a presión lateral de tierra, presencia de vientos o terremotos.

Gracias a las características de resistencia que el mortero tipo M presenta, se puede optar por su uso para estructuras como:

- Cimentaciones
- Muros de contención
- Elementos de cierre en fachadas
- Paredes interiores de división (Figura19).

- Mortero tipo S: este tipo de mortero trabaja mejor como pegante al tener buena resistencia con respecto a la adherencia. Generalmente es usado en estructuras o elementos que estén sometidos a cargas normales de compresión, pero es común su uso como mortero de pega (Figura 20).

- Mortero tipo N: es un mortero apropiado para enlucido y para generar paredes interiores de división debido a la resistencia de este mortero. Es la que mejor combina la resistencia, trabajabilidad y economía.

- Mortero tipo O: Este mortero es el que menor resistencia tiene debido al alto contenido de cal que posee, pero así mismo es mucho más trabajable y es por eso que su uso más común es para enlucidos y pega en paredes de poca carga y de división.

- Morteros tipo K: La diferencia con los morteros tipo O es mínima y en varias ocasiones ha sido reemplazado por



este en la aplicación de la construcción.

Existen varios tipos de mortero que varían desde su materialidad, funcionamiento y uso en la construcción. El módulo prefabricado que se plantea en esta investigación está diseñado con mortero de cemento de alta resistencia, por lo tanto, de ahora en adelante cuando se utilice la palabra mortero nos estaremos refiriendo a los morteros de cemento.

Figura 20

2.3.3

MORTEROS DE ALTA RESISTENCIA

Los morteros de alta resistencia es un concepto que se ha comenzado a desarrollar hace unos pocos años, el objetivo de este tipo de morteros es conseguir resistencias altas para poder aplicarlo a la construcción como lo hacen los elementos de hormigón estructural. (Figura21).

El diseño experimental de mezclas, aunque resulta poco estudiado para mezclas de mortero, tiene espacio y aplicación para el concreto, tales son los ejemplos de (Simon, Lagergren, & Snyder, 1997) y (Yeh, 2006), quienes desarrollaron un diseño experimental de mezclas, en función de la resistencia a compresión para obtener un hormigón de alta resistencia; y un análisis de la resistencia a la compresión del concreto al adicionar cenizas volantes a la mezcla respectivamente. Los autores que tratan de ingresar en el estudio del mortero son (Akalin, Akay, Sennaroglu, & Tez, 2010), los cuales buscan encontrar una relación entre mayor resistencia a la compresión y menor costo.





Todas estas experimentaciones parten de un diseño basado en el mortero común y la mezcla de aditivos o nuevas proporciones de los materiales para así conseguir altas resistencias a la compresión y poder de esta manera optimizar estos materiales y compuestos.

De acuerdo a la documentación establecida en el subcapítulo 2.3.2 existen morteros tipo M, los cuales son morteros de alta resistencia, diseñados para estructuras como: cimentaciones, muros de contención, elementos de cierre en fachadas o paredes interiores de división. La norma NTE INEN 2 518 habla sobre la resistencia promedio a la compresión a los 28 días de este mortero tipo M, la cual es de 17,2 MPa o 175.35 kg/cm². Este valor de resistencia marca una pauta para poder diseñar este tipo de morteros.

“Para diseñar morteros de alta resistencia se debe tener en cuenta que para un mismo cemento y un mismo tipo de agregado fino, el mortero más resistente y más impermeable será aquel que contenga mayor contenido de

cemento para un volumen dado de mortero; y que para un mismo contenido de cemento en un volumen determinado de mortero el más resistente, y probablemente el más impermeable, será aquel mortero que presente mayor densidad, o sea aquel que en la unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos.” (Gutiérrez de López, 2003).

Es necesario tomar en cuenta que el tamaño de agregado que se coloque en la mezcla de mortero juega un papel muy importante para conseguir una resistencia adecuada; un mortero hecho con arena fina será menos denso que un mortero hecho con arena gruesa para un mismo contenido de cemento.

Así como existen los hormigones de alta resistencia, en los cuales se trata de obtener una mezcla que supere los 500 kg/cm² de resistencia a la compresión, se puede desarrollar morteros de alta resistencia, los cuales pueden tener igual resistencia o mayor que un hormigón estruc-

Figura 21

tural, es decir los 210 kg/cm².

El uso de aditivos, como ya habíamos indicado en puntos anteriores, puede ayudar a conseguir estas altas resistencias deseadas en los morteros, y con esto, se podría aplicar el concepto de mortero no solo como pega, recubrimiento o relleno (Figura 22), también se lo podría utilizar en la construcción de elementos estructurales o incluso como prefabricados de mortero de alta resistencia.

Un ejemplo de desarrollo de morteros de alta resistencia es la investigación desarrollada por Edison Castillo y William Lema (Castillo & Lema, 2018). Este artículo trata sobre las "relaciones agua/cemento en diseño de vértices extremos aplicado a mortero", en la cual se trata la aplicación de las relaciones agua/cemento en el diseño de mezclas de mortero para conseguir resistencias que varían desde 75,67 hasta 473,35 kg/cm² en su resistencia a los 28 días.





Figura 22

Para conseguir estas resistencias se establecen condiciones necesarias como el tamaño del agregado fino, el cual influye sustancialmente en el resultado final de resistencia.

Por medio de la investigación "relaciones agua/cemento en diseño de vértices extremos aplicado a mortero" podremos obtener varias muestras de dosificación para altas resistencias a la compresión del mortero. En estas dosificaciones se basará el módulo prefabricado propuesto.



Figura 23

24

EL MOLDE Y EL ACABADO DEL MATERIAL

El mortero es un material con características similares al hormigón, también tiene la capacidad de ser moldeable la diferencia es que hormigón es un material muy utilizado por los arquitectos modernos, incluso algunos arquitectos como Tadao Ando han generado verdaderas obras de arquitectura completamente con dicho material como el Centro Roberto Garza (Figura 23). Ambos materiales al tener un estado inicial plástico poseen la capacidad de ser moldeados y de tomar la forma del recipiente en el que se los coloque.

El mortero es un material que, cuando de acabados se trata, no presenta mayor impacto en la obra ya que no requiere fabricar un encofrado o molde, no es utilizado como un material noble y útil arquitectónicamente, este sirve como material pegante o como materia de relleno, no se profundiza ni evidencia elementos arquitectónicos o estructurales realizados completamente de mortero. Sin embargo, el mortero sería un material ideal para elemen-

tos arquitectónicos ornamentales los cuales no requieran resistencias elevadas. El mortero toma importancia para prefabricar después de entender que, al ser maleable, su superficie podría ser lisa, texturizada, pulida e incluso coloreada.

El molde se vuelve complejo cuando el diseño y los detalles del elemento a fundirse buscan ser lo más perfectos posible, es un aspecto delimitador para los procesos de fabricación y los tratamientos de acabados. Debe ser considerado desde el comienzo por los diseñadores para no aumentar costos y para lograr acabados reales, más no imposibles; sin embargo, el apartado estético es solo una pequeña consideración para la fabricación del molde, tiene más peso los plazos de entregas, y las unidades o metros de diseño. Lo idóneo sería cumplir con el programa de premoldeado y fraguado. Cuando se trata del diseño de un panel prefabricado el molde debe ser rígido y estable, el volumen que contenga debe ser constante para



permitir usos repetidos, también debe ser de fácil aplicación y limpieza.

El molde es una de las partes más importantes en el diseño de un elemento, ya sea prefabricado o realizado en obra, debido a que la textura que obtenga el material después de fraguado será la del molde (Figura 24) es por eso que la fabricación del mismo debe ser lo más precisa posible, para evitar deformaciones o incluso errores dimensionales. Otra característica que un molde debe presentar es la capacidad de armarse y desarmarse repetidas veces, ya que ciertos elementos necesitan ser retirados del molde de manera cuidadosa para no ser dañados. Esta característica también es esencial para poder usar el molde las veces que sea necesarias antes de estropearse. Cuando el molde ha sido muy utilizado y pierde su forma inicial, sobre todo sus dimensiones podrían ser reparado, pero a un elevado costo.

“La opinión general es que un molde de madera puede

utilizarse unas treinta y cuarenta veces antes de que sea necesario someterlo a una rectificación importante. Los datos con respecto a los moldes de acero son mucho más variables según las distintas opiniones (hasta doscientos usos según un fabricante, y desde setenta y cinco a setecientos cincuenta según publica White).” (Morris, 1981)

Según los números citados de usos del molde, tanto para madera como para acero, podemos entender que para realizar doscientos elementos utilizaríamos un solo molde en acero, mientras que de madera utilizaríamos hasta cinco moldes. De aquí se puede deducir que el costo directo de los moldes de acero es mayor, pero al realizar elementos en grandes cantidades, los moldes de madera sumarían un mayor costo.

Los moldes pueden ser de diferentes materiales y cada uno por su naturaleza puede ofrecer diferentes aportes al diseño. Los tipos de moldes son:

Figura 24



Figura 25

- Moldes de madera: estos moldes pueden ser fabricados in situ o proporcionados por carpinterías cuando su diseño es complejo. En este material, una de las consideraciones más importantes es que sea de fácil reparación y modificación.
- Moldes de acero (Figura 25): estos moldes no son fabricados en la obra, usualmente son fabricados antes debido a su complejidad, además su reparación y modificación requiere de más tiempo. Su vida útil es mayor que los moldes de madera.
- Moldes GPR: estos moldes son de plástico reforzados con fibra de vidrio y se han popularizado por la facilidad con la que se pueden diseñar formas complejas tridimensionales. Su costo es mayor en comparación con los moldes mencionados anteriormente.
- Moldes de hormigón: estos moldes representan un problema en el peso, ya que por ser de hormigón los ele-



Figura 26

mentos no pueden ser de grandes dimensiones.

Para trabajar en la textura de un material moldeable como el mortero se debería realizar moldes texturizados, superficies trabajadas en estado húmedo o en seco. El resultado que se puede obtener se puede decir que es ilimitado, ya que todo depende del molde texturizado que se utilice en el momento de encofrar, o del tratamiento que se dé al material en húmedo o en seco, obteniendo resultados desde superficies muy lisas hasta muy gruesas.

Existen texturas propias del hormigón como la textura con áridos vistos (Figura26), ésta es la más común en módulos o paneles de hormigón prefabricados, debido al gran número de áridos y matrices diferentes, además del tipo y tamaño del árido y su profundidad de exposición. Un elemento de mortero podría imitar un acabado con áridos expuestos.

Los métodos más comunes para encontrar estos aca-



bados son: el empleo retardado del fraguado, lavado con agua, ataque con ácidos y chorreo con arena. Este método solo daría resultados en el hormigón

Para obtener textura con otros materiales, se puede utilizar varios materiales diferentes a los áridos normales, como puede ser: cerámica, vidrio, ladrillo, entre otros. Esta textura es importante para obtener variaciones a los acabados y texturas comunes, aunque se debe considerar siempre la incompatibilidad de los diferentes materiales con el mortero.

Para realizar textura con pulido se obtienen acabados lisos (Figura 27). Este es un acabado que se debe tener mucho cuidado y trato debido a que es susceptible a tener fisuras capilares en el proceso de secado.

Son muchos los diferentes acabados que se podrían dar al mortero, incluso combinándolo con diferentes materiales en su composición.

Figura 27



Figura 28

2.5

MODULACIÓN

El módulo es una unidad de medida que sirve para establecer relaciones entre las partes de una composición y el total de la obra (Figura 28). Estas relaciones son dimensionales por lo que el módulo viene a ser una magnitud y está relacionada con las proporciones humanas.

La modulación es el manejo de la unidad modular como herramienta proporcional, que puede ser repetida o combinada, produciendo características de tamaño y forma, las cuales se relacionan entre sí. El uso de esta magnitud de medida tiene sus orígenes en la arquitectura griega y era la principal herramienta de diseño, la utilizaron como elemento constante para establecer las medidas de una obra, donde cada porción está en función o es múltiplo del módulo base. Esta relación proporcional se volvió sinónimo de belleza.

"La simetría tiene su origen en la proporción, que en griego se denomina analogía. La proporción se define como la conveniencia de medidas a partir de un módulo

constante y calculado y la correspondencia de los miembros o partes de una obra y de toda la obra en su conjunto. Es imposible que un templo posea una correcta disposición si carece de simetría y de proporción, como sucede con los miembros o partes del cuerpo de un hombre bien formado. El cuerpo humano lo formó la naturaleza (...)

Por tanto, si la naturaleza ha formado el cuerpo humano de modo que sus miembros guardan una exacta proporción respecto a todo el cuerpo, los antiguos fijaron también esta relación en la realización completa de sus obras, donde cada una de sus partes guarda una exacta y puntual proporción respecto a la forma total de su obra." (Vitruvio, 23 a 27 a.C).

Las edificaciones y su diseño se vinculan al estudio de las proporciones humanas, es por eso que manejar una unidad de medida modular daría como resultado una arquitectura enfocada al individuo y con menor cantidad de desperdicios de material.

251

VAN DER LAAN Y EL NÚMERO DE PLÁSTICO

Dom Hans Van Der Laan (1904-1991), arquitecto holandés y monje benedictino, durante sus estudios comenzó a definir a la iglesia como una casa, un intermedio que debe tener relación entre lo humano y lo natural. Este arquitecto, contrario a lo que sus contemporáneos expresaban, trasladó sus objetivos a un proceso de diseño centrado en cualidades formales, compositivas y materiales, creando una relación legible entre el espacio y los sentidos. Este concepto y modo de pensar lo encaminó a descubrir y hablar sobre el número plástico. Este número consiste en una proporción la cual es la relación entre las medidas que pertenecen a un grupo de medidas. Aumentan o disminuyen según una relación de cuatro a tres. Se considera que no es una medida particular, sino que establece una disciplina entre la relación y las medidas que elegimos.

Para entender mejor de que trata el número plástico, Van Der Laan nos dice que para poder percibir cambios de tamaño en un bloque no se necesita medir con una

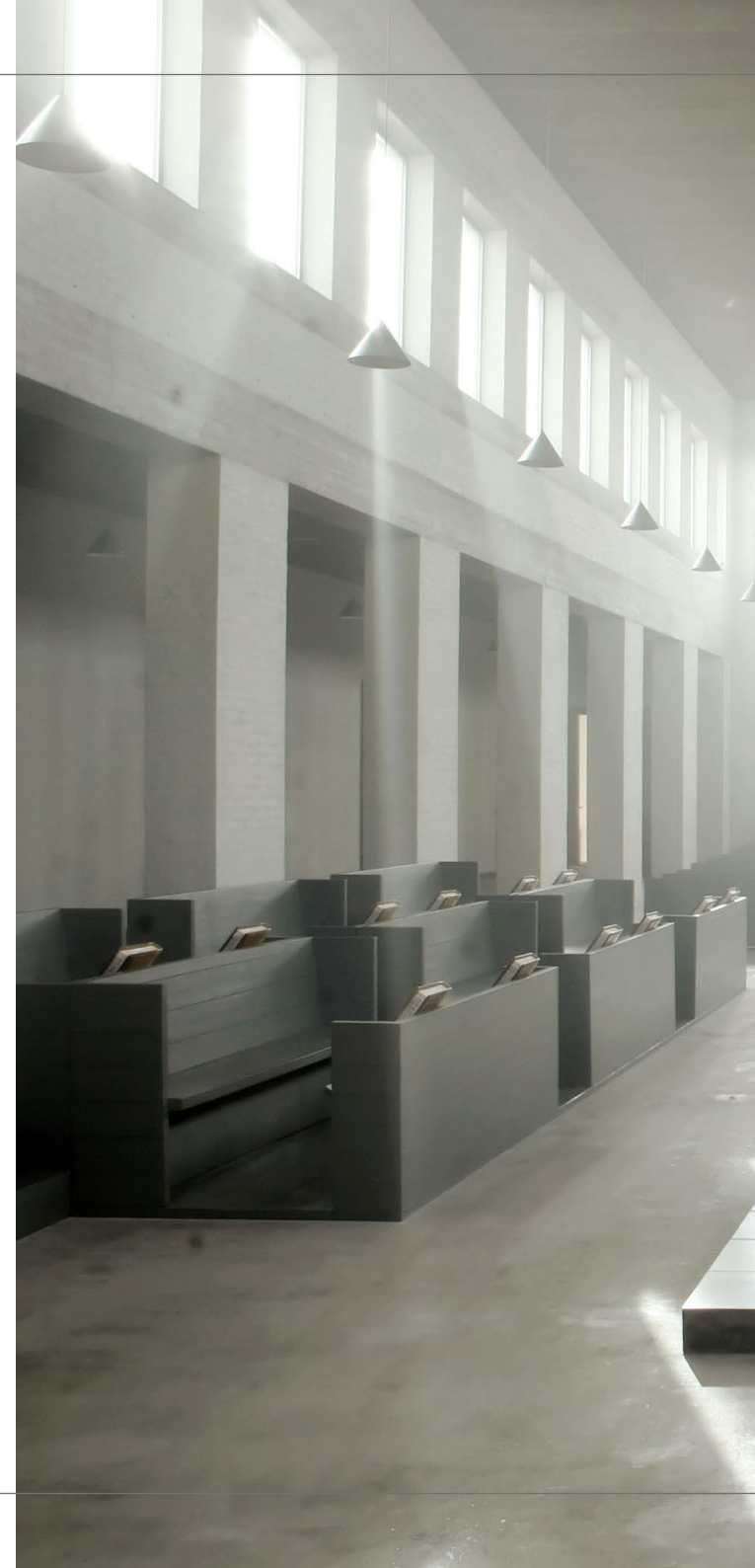




Figura 29

cinta métrica, sino que se debería medir con los ojos y el cuerpo. Por tal motivo al realizar la percepción de medida entre dos bloques que difieren en un grado pequeño, con los ojos no es posible percibirlo como diferentes.

Es por eso por lo que Van Der Laan señala que la relación de proporción entre bloques o espacios debe ser de cuatro a tres y no como el número áureo lo expresa, ya que este número se expresa en una relación de dos medidas, y la arquitectura no es un oficio de dos medidas, sino que involucra tres dimensiones.

En su intento por desarrollar proyectos donde se explique este concepto y su objetivo de relaciones entre el interior y el exterior diseñó la Abadía de San Benito en Vaals (Figura 29). El objetivo de este proyecto fue la construcción de bloques cúbicos y sobrios de hormigón con mínimos detalles, en las cuales se identificará su ritmo. La Abadía estaba dispuesta según el número plástico, pero con una relación tridimensional como él afirmaba, es decir,

una relación entre masa y espacio (Figura30).

Van Der Laan busca la relación íntima entre la arquitectura y la naturaleza, esto le lleva a preocuparse por la vivienda. Es así, que marca una pauta en su arquitectura, con la que introduce su sistema de proporciones:

“Si la función corporal de la casa consiste en establecer la armonía entre el cuerpo y su medio natural, la expresión de esa función estará basada en la armonía entre la pared que separa y el espacio separado. Se pasa así al registro de la extensión apreciable por los sentidos, tanto del elemento separador como del espacio que encierra. Esa armonía dependerá de las proporciones mutuas, que hablan a la inteligencia mediante el lenguaje objetivo del número plástico y que son establecidas mediante las reglas del correspondiente ordenamiento arquitectónico”. (Noyons & Ruijs, 2018).

Es por ese motivo que en sus obras busca la relación





Figura 30

y conexión con el paisaje exterior, sobre todo en sus obras de carácter religioso, donde su intención es crear una meditación conjunta del hombre con la naturaleza, no solo incorporando grandes vanos y espacios con jardines, sino que aplicando el número plástico busca diseñar el paisaje exterior para que uno se sienta unido con el espacio que le rodea. Eso se puede evidenciar en su proyecto del Monastery Church, en donde hace del patio interior un espacio habitable, en donde no solo ocupe un lugar en la naturaleza, sino que la refuerce y la complete.

Con este número de plástico, Van Der Laan no solo pretende elaborar una teoría que explique cómo se debe determinar las medidas de un edificio, sino que busca y propone investigar nuevas leyes intrínsecas de la arquitectura que, en la actualidad, han caído en el olvido.

2.5.2

LA SECCIÓN ÁUREA O NÚMERO DE ORO

La sección áurea es un número irracional obtenido mediante una sencilla operación en la cual a una recta se la divide en su "media y extrema razón". El valor de phi ϕ es irracional, 1.618, esto debido a que en su expresión aparece una raíz cuadrada no exacta y el valor del número de oro será siempre el mismo independiente de si la longitud del segmento varía. El número áureo se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{x}{1} = \frac{1}{x-1}$$

$$x \cdot (x - 1) = 1 \cdot 1$$

$$x^2 - x - 1 = 0$$

Esta ecuación tiene dos soluciones, la que da como resultado phi es:

$$x = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$$

$$\phi = 1.618$$

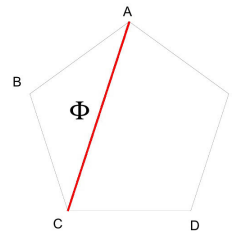




Figura 31

La sección áurea se refleja en la geometría, en combinaciones ordenadas que pueden ser periódicas y no periódicas. Una superficie puede ser recubierta con formas geométricas sin dejar vacíos o sin sobre montarse una figura con otra, coincidiendo sus aristas, sus vértices, dando como resultado un mosaico, la cual tiene una concepción matemática. Encontrar una figura o forma que se repita hasta llenar una superficie tiene presente una proporción áurea.

Se debe tener en cuenta que, para producir una repetición de formas no siempre funciona un polígono regular. Las figuras idóneas para rellenar un plano deberían tener ángulos divisores a 360° y estos son el triángulo equilátero, el hexágono regular y el cuadrado, cuyos ángulos son 60° , 120° y 90° respectivamente. Se podría realizar mosaicos con figuras como pentágonos irregulares, siempre y cuando su ángulo sea divisible para 360° .

La proporción áurea está presente en la arquitectura

desde los antiguos egipcios, la base y la altura de la pirámide de Keops tienen correspondencia entre sí, el cociente entre estos dos resulta 2Φ , los monumentos megalíticos Stonehenge en las llanuras de Salisbury en Inglaterra tiene una relación áurea entre el ancho de la herradura y el diámetro del círculo pagano, la estupa budista Borobudur empieza en una base cuadrada con cinco terrazas interiores cuadradas y tres superiores circulares son los números de Fibonacci. Las Torres Ziguat de los templos mesopotámicos, los arcos del triunfo de la Roma clásica, el Partenón de Atenas (Figura 31) y en muchas otras obras de arquitectura.

El número phi o la divina proporción ha sido considerada norma de belleza y equilibrio, por lo que los arquitectos renacentistas vieron necesaria para la belleza la armonía de las proporciones en las construcciones. El arquitecto León Battista Alberti (1404-1472) afirmó que la belleza consiste en la relación armoniosa de las partes con el

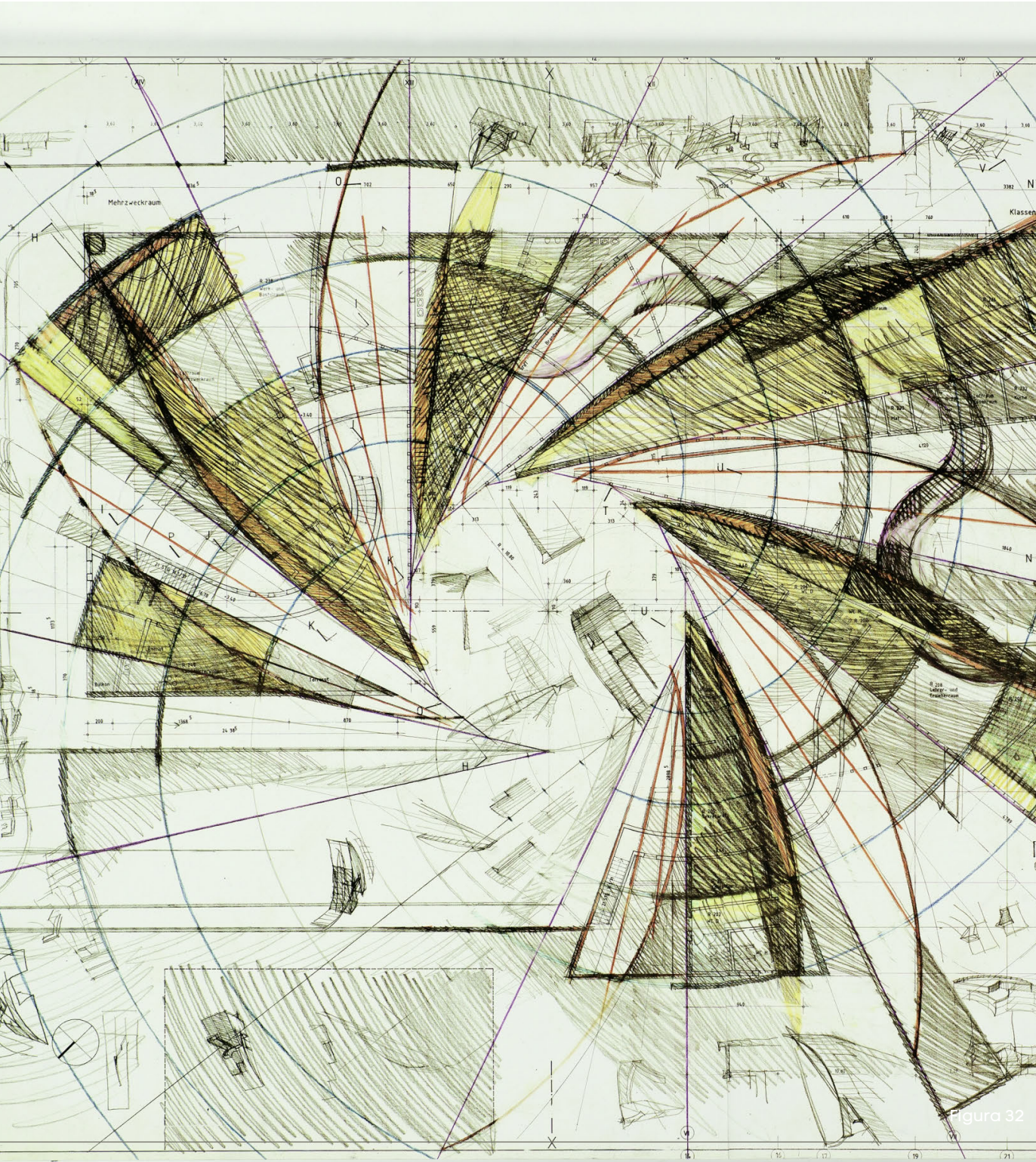


Figura 32

todo. Leonardo Da Vinci basado en los escritos de Vitruvio, en uno de sus diarios "El Hombre de Vitruvio" (Figura33) en 1940. Es el estudio de las proporciones humanas representado mediante el cuerpo desnudo de un hombre, con los brazos y las piernas extendidas e inscritas en un círculo y en un cuadrado. Es considerado uno de los grandes logros del renacimiento.

Una vez las técnicas de construcción fueron avanzando, incluso apareciendo nuevos materiales, los arquitectos del siglo XX hicieron uso de su imaginación para superar los límites, por ejemplo: Frank Lloyd Wright (1867-1959). La rampa de acceso al edificio Guggenheim de New York fue diseñada por Wright siguiendo la forma de un espiral, específicamente la del nautilo. Zvi Hecker partió de conceptos basados en el espiral, los espacios o elementos arquitectónicos rotan de un eje central en su escuela Heinz-Galinsky de Berlín. (Figur32)

Uno de los arquitectos más representativos del mo-

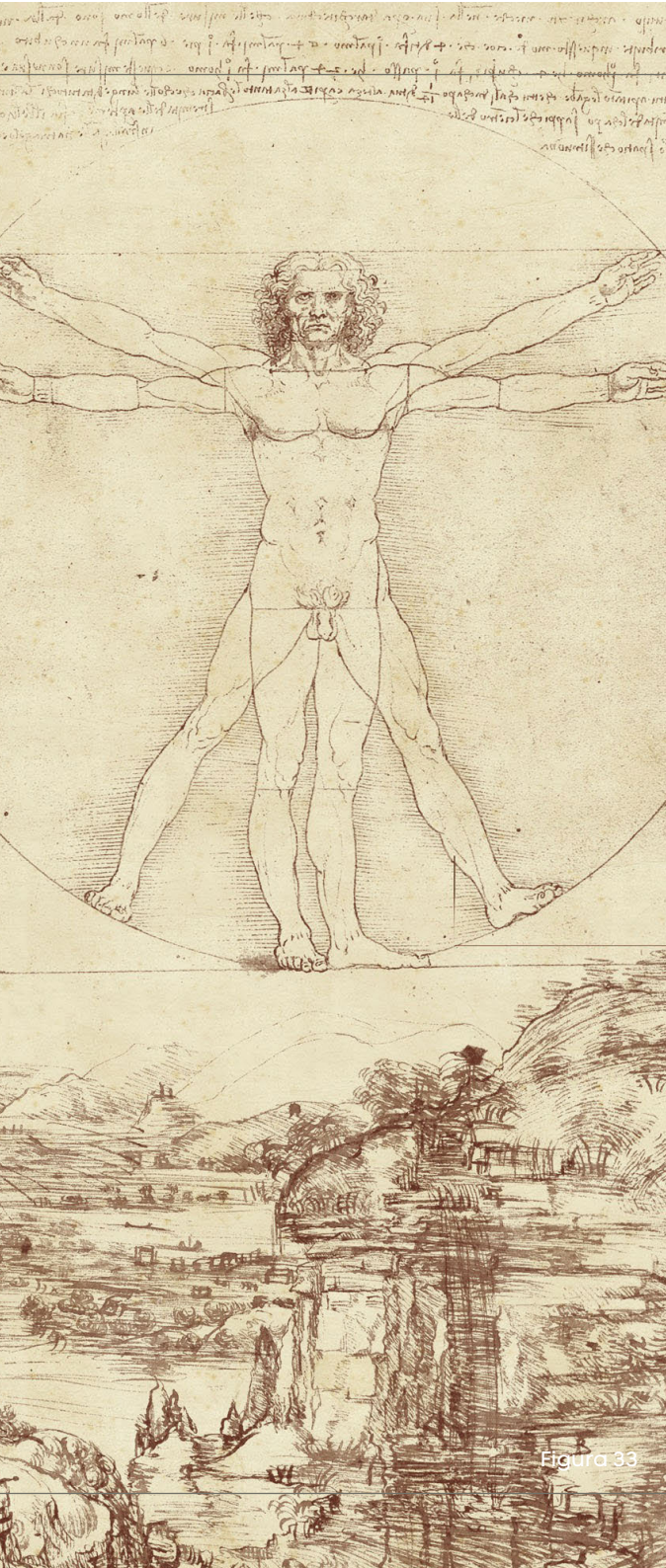


Figura 33

El vestuario moderno, Le Corbusier, pensaba que el nuevo sistema métrico quitaba personalización a la manera de proporcionar y que estaba perdiendo la escala humana. Aportó inventando su propia escala basándose en las proporciones áureas, las medidas del cuerpo humano, el doble cuadrado, el ángulo recto y las series de Fibonacci adaptando a esto las exigencias de la arquitectura moderna. Le puso el nombre de "El Modulor" representándolo como:

"El Modulor es un aparato de medida fundado en la estatura humana y en la Matemática. Un hombre con el brazo levantado da los puntos determinantes de la ocupación del espacio, -el pie, el plexo solar, la cabeza, la punta de los dedos estando levantado el brazo - tres intervalos que definen una serie de secciones áureas de Fibonacci; y por otra parte, la Matemática ofrece la variación más sencilla y más fuerte de un valor: lo simple, el doble y las dos secciones áureas" (Le Corbusier, 1953).

Pretendió ser un sistema matemático y antropométrico basado en una estatura de 1.75m, altura estándar tomada de los franceses. Al conocer EE.UU. consideró 1.83m de altura promedio del hombre estadounidense. Su construcción partía de inscribir un hombre de dicha altura en un rectángulo áureo para mediante una serie de procesos geométricos y matemáticos se obtuvo tres medidas $a=1.13$ $b=1.83$ $c=0.70$, las cuales conforman una serie de Fibonacci 0...0.27, 0.43, 0.70, 1.13, 1.83, 2.96... A esta sucesión le dio el nombre de serie roja.

También consideró la altura total de un hombre de 1.83m con el brazo levantado, aproximadamente 2.26m. Si 2.26 genera un rectángulo áureo, su unidad sería $a=1.40$ y así obtiene una nueva sucesión que nombró serie azul 0... 0.32, 0.54, 0.86, 1.40, 2.26... De este modo obtuvo una relación dos a uno de la serie azul con respecto a la roja. Estas son las medidas de "El Modulor" y Le Corbusier las consideró suficiente viendo las infinitas posibilidades para

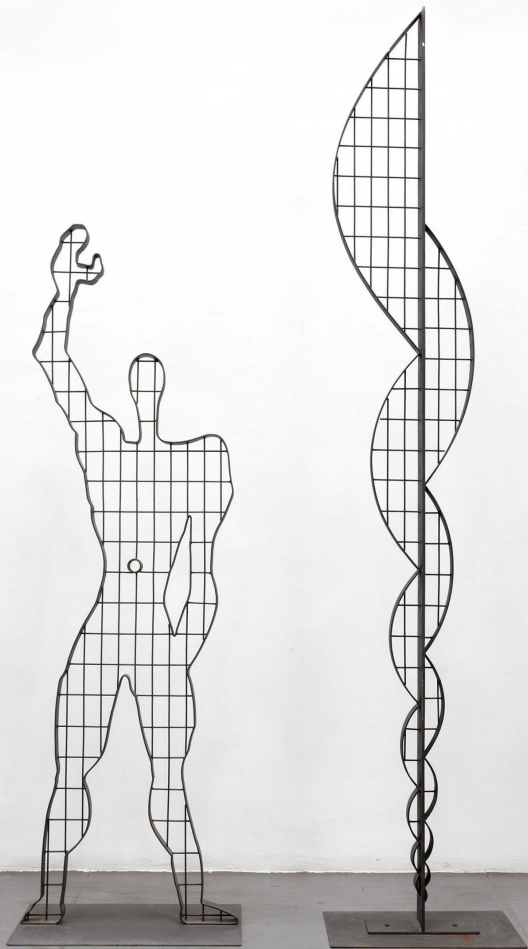


Figura 34

combinarlas.

A pesar de la alta influencia que genera las obras de Le Corbusier “El Modulor” (Figura34) perdió relevancia con el paso del tiempo, debido a los estándares de producción y diseño además de ser un sistema de medida difícil de entender. La Unite de Marsella (Figura35) es sin duda un buen ejemplo de aplicación de “El Modulor”.

Con estos antecedentes se puede entender al módulo de dos formas: como unidad de medida o como factor numérico. Como unidad de medida se lo utiliza de dimensión base para los elementos constructivos, es regulador de producciones y armonía en la construcción. Al ser una base, puede ofrecernos combinaciones y secuencias modulares normalizadas. Como factor numérico establece una coordinación proporcional de dimensiones y números. Los proyectos deben adaptarse a una coordinación modular y dimensional para que los elementos constructivos sean adaptables y se facilite su producción y mon-

taje.

La coordinación modular busca establecer una medida base para que los elementos de una construcción puedan ser producidos industrialmente y fabricados de manera estándar. Se establece mediante:

- La aplicación de un módulo base
- Referencias para determinar los espacios
- La coordinación y posición de los elementos constructivos.

La coordinación dimensional es una manera de relacionar los elementos constructivos entre sí y los posteriores montajes de estos, sin realizar ajustes. Busca establecer una normalización en las dimensiones para producir una dependencia recíproca entre los elementos de la construcción.

Una correcta coordinación modular y dimensional



Figura 35

puede disminuir el tiempo de ejecución de la obra, controlar de mejor manera las uniones, disminuir los desperdicios producidos en la construcción, disminuye la mano de obra, permite combinar productos de diferentes materiales con dimensiones iguales, aumenta la productividad y se disminuyen la cantidad de errores constructivos.

- Arquitectura modular: la arquitectura modular se basa en la aplicación de elementos modulares.

“Se refiere al diseño de sistemas compuestos por elementos separados que pueden conectarse preservando relaciones proporcionales y dimensionales. La belleza de la arquitectura modular se basa en la posibilidad de reemplazar o agregar cualquier componente sin afectar el resto del sistema” (Serrentino & Molina, 2011).

- Módulos tridimensionales: Al tratar el tema modular no solo nos referimos a la geometría y las proporciones, también existen sistemas constructivos modulares de es-

trecha relación con la historia de la prefabricación como los módulos tridimensionales.

A pesar de ser un sistema de prefabricación completa y de alto grado de industrialización no es muy conocido por los arquitectos. Este tipo de prefabricación comenzó a la segunda mitad del siglo XX y ha significado un gran avance en países desarrollados, los cuales cuentan con industrias que realizan este tipo de prefabricación.

La característica base de los módulos tridimensionales es la facilidad con la que se pueden generar agrupaciones para consolidar un espacio arquitectónico. El módulo se compone básicamente de estructura y cerramiento, el cual conforma y consolida un espacio modular tridimensional, de esta manera alguna de sus caras puede ser retirada para dar paso a otro módulo y así las veces que sean requeridas según el programa arquitectónico para conformar el proyecto (Figura 36). Pueden proponerse desde viviendas, escuelas, comercios entre otros equipamientos,

llegando hasta 4 o 5 pisos sin estructura adicional.

Un módulo de diseño debe:

- Ser múltiplo del módulo base para que de esta manera las partes puedan encajar sin problema alguno.
- Tener la posibilidad de ser colocado de maneras distintas para dar más posibilidades de montaje para que el crecimiento del proyecto sea continuo o permita extenderse sin tener que intervenir demasiado.
- Ser dispuesto mediante una retícula regular previa, la cual sirva de referencia al momento de la construcción. La malla normalmente es cuadrada y está en función del módulo de diseño.
- Tener sus características arquitectónicas y estructurales bien definidas en función de lo requerido en el proyecto, pues se tienen en cuenta al momento de armar el módulo en la fábrica.

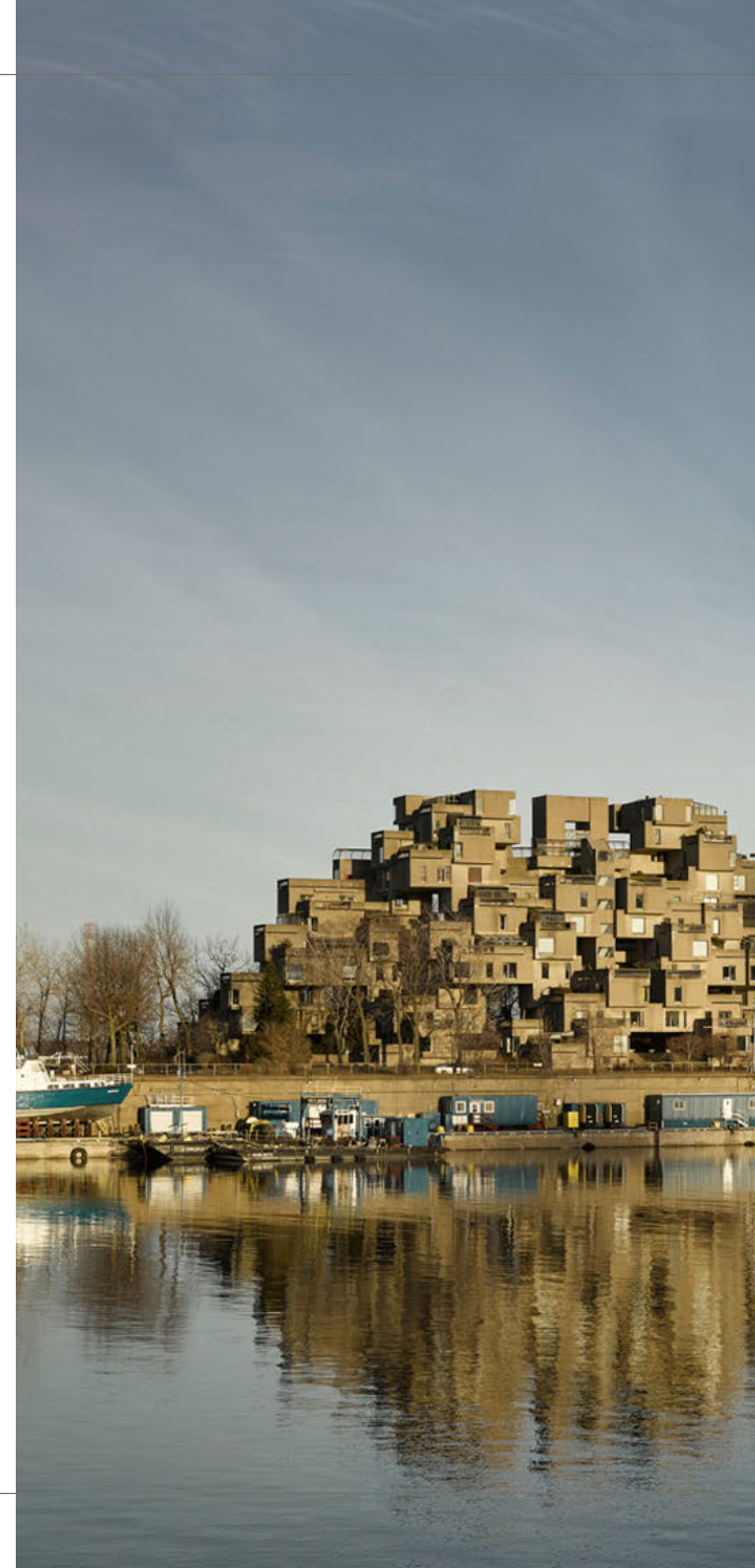




Figura 36

- Primero dar ensamblaje a sus componentes principales para posteriormente poder incorporar otros elementos como carpinterías, equipos, sanitarios, etc.
- Dejar para el último los acabados, es decir, in situ para evitar posibles deterioros.
- Constar de una envolvente resistente, cámara para instalaciones, aislamiento térmico y acústico, cámara para instalaciones horizontales, elementos que permitan la instalación de fachaletas y acabados interiores.

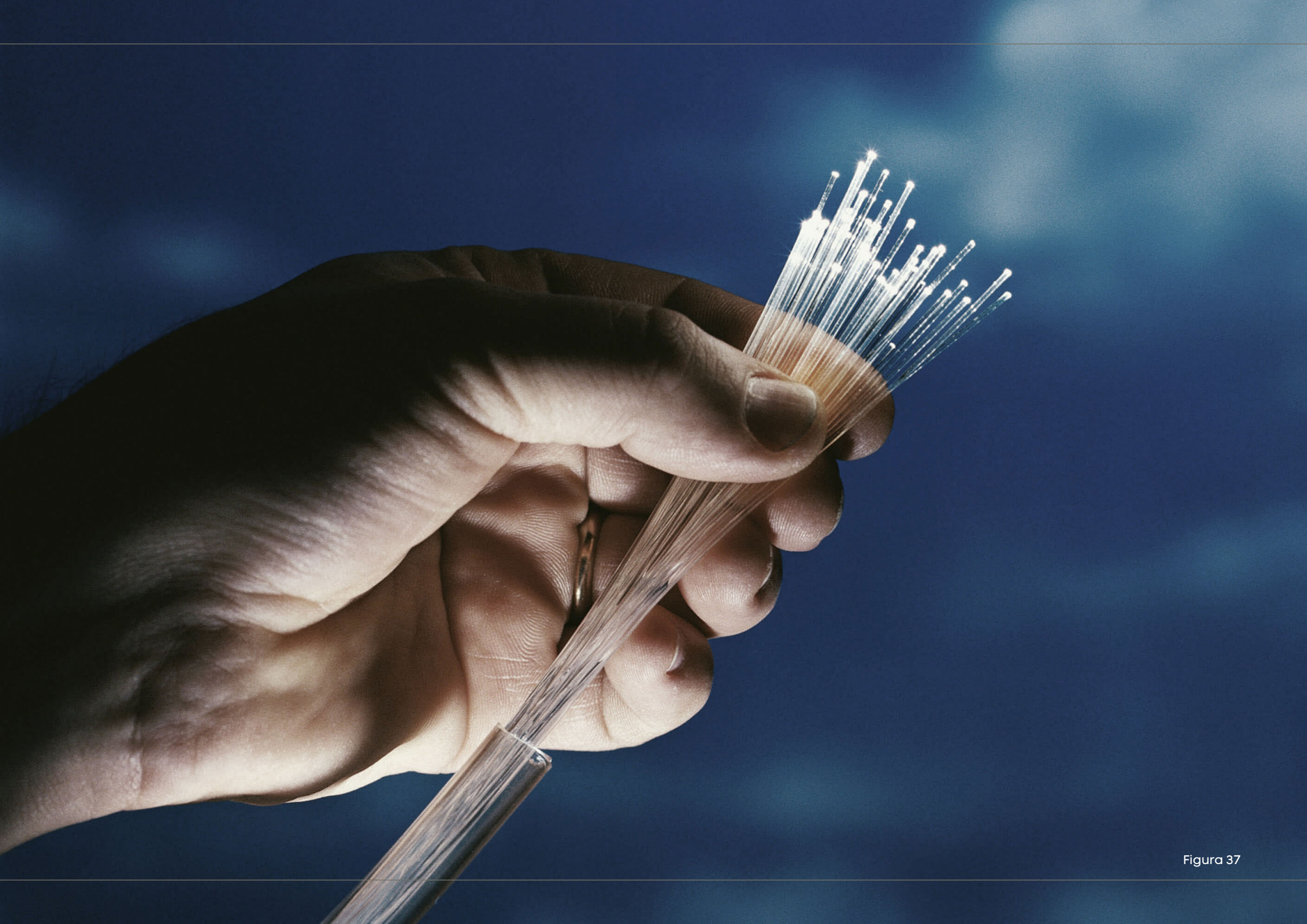


Figura 37

2.6

FIBRA ÓPTICA COMO TRANSMISOR DE LUZ

“La fibra óptica es un medio de transmisión, empleado habitualmente en redes de datos y telecomunicaciones, consistente en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra” (Baby, 2011) (Figura 37).

La fabricación de la fibra óptica se da mediante tubos de vidrio los cuales se desenvuelven y se bañan en ácido fluorhídrico para eliminar todas las impurezas y residuos aceitosos que existan, y así evitar que se pierda información al momento de usar la fibra óptica. Posteriormente se colocan los tubos en un torno y a medida que giran se calientan con una llama de hidrógeno y oxígeno hasta que lleguen a su temperatura máxima para que de esta manera lleguen a fusionarse los tubos. Una vez unidos los tubos se inyecta una mezcla de gases químicos y se calienta todo el conjunto para que en el interior del tubo se

forme una especie de polvillo blanco, el cual combinado con el calor forma lo que sería el núcleo de la fibra óptica. Una vez formado el núcleo de la fibra con el polvillo blanco, se continúa calentando el tubo lo suficiente para que se ablande y se forme una barra sólida, la cual forma la estructura interna de la fibra óptica.

Se coloca verticalmente el tubo y se calienta uno de los extremos a temperaturas muy altas las cuales derrite todo el tubo y lo hace caer en forma de miel que cae de una cuchara. Se continúa estirando este tubo hasta que se forme una fibra de vidrio delgada y se va controlando que la dimensión de la fibra sea la adecuada. Para terminar, la fibra pasa a través de lámparas ultravioletas, las cuales crean una capa acrílica para protegerla del polvo. Finalmente se obtiene la fibra óptica que sirve para poder transmitir información mucho mejor que cables de cobre.

Estos cables de fibra óptica cada vez demuestran mejores propiedades y valores que los cables de cobre, ya

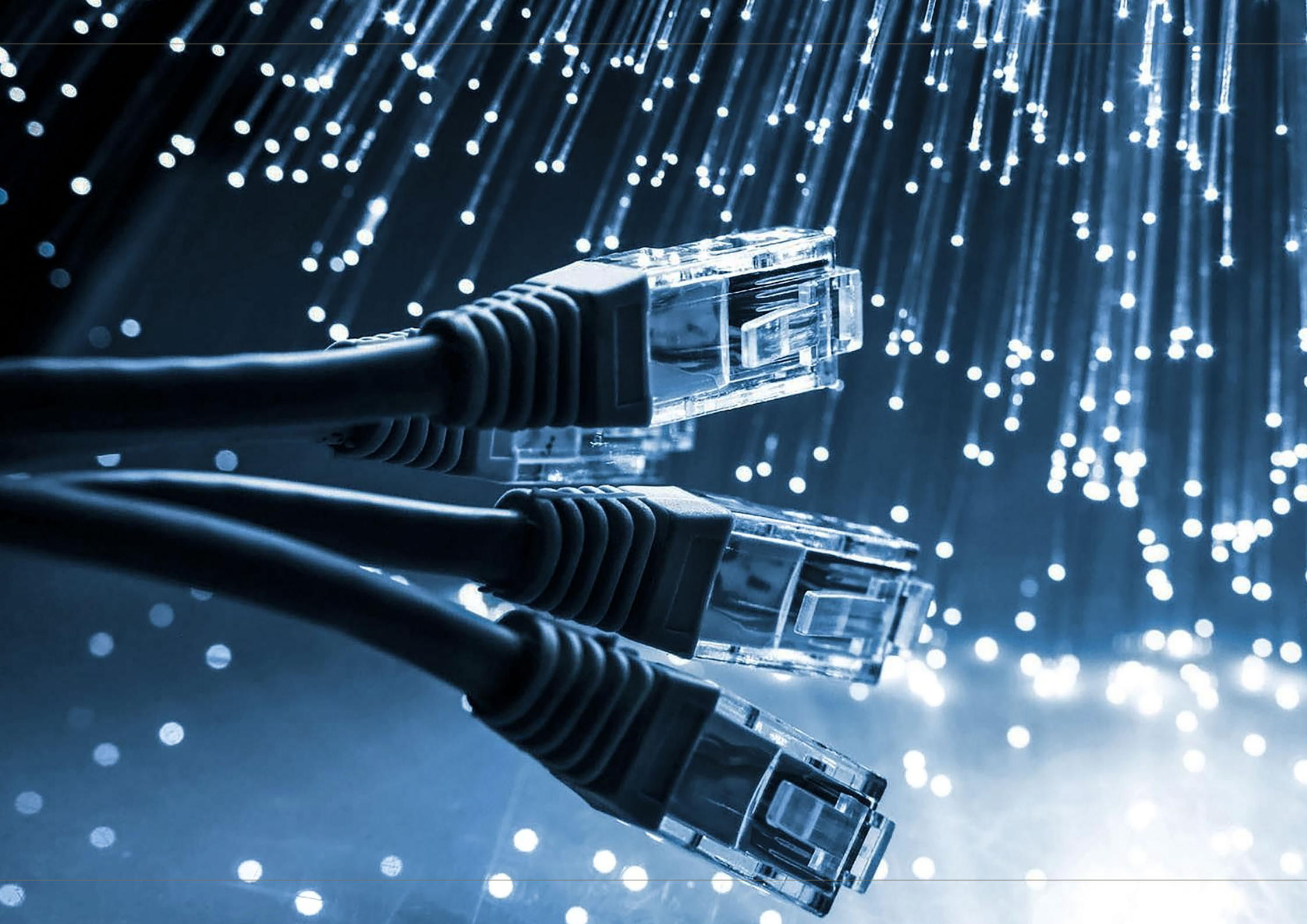




Figura 38

que estos son más pequeños y livianos, además pueden transportar más información y no están sujetos a la interferencia electromagnética.

Este descubrimiento y creación de la fibra óptica se pudo realizar debido a un principio: “La luz viaja a través del vidrio” (Figura 38).

El uso que se le puede dar a este material es variado se lo puede usar en ámbitos tecnológicos, médicos, industriales, decorativos, electrónica, etc.

Con respecto a los principios de este material, “la fibra óptica irradia señales de luz, debido a un principio llamado “principio de reflexión interna total”, el cual consiste en un fenómeno que se da cuando un rayo de luz atraviesa de un medio ópticamente más denso a otro medio ópticamente menos denso” (Gycom, 2013).

Una vez que se entiende como se fabrica la fibra óptica y su concepto básico, debemos conocer como está con-

formada, es decir, sus partes y para qué sirve cada una de ellas.

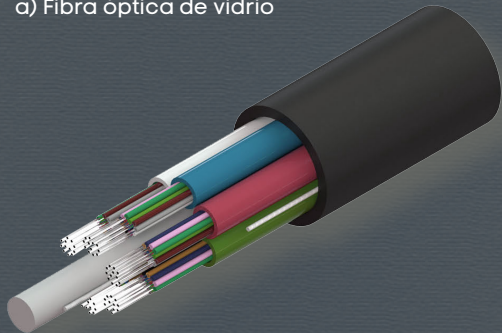
La fibra óptica consta de tres partes:

- El núcleo central de la fibra: formado por vidrio de alta pureza.
- El recubrimiento: formado de igual manera por un vidrio, pero menos puro que el vidrio del núcleo.
- La capa protectora o revestimiento: que por lo general es de plástico.

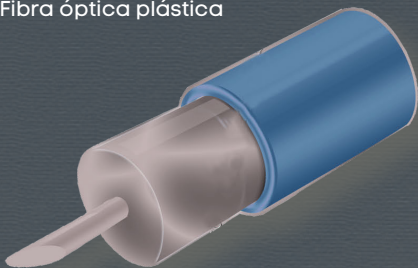
Al hablar de fibra óptica se debe tener en cuenta todas sus propiedades, para ello debemos analizar los tipos de fibra óptica que existen. Existen dos tipos de fibra óptica: a) fibras monomodo y b) fibras multimodo

- Fibras monomodo: Este tipo de fibra se utiliza para transmisión analógica y digital. El diámetro del núcleo de este tipo de fibra es de 8 a 10 micras (μm), que equivale a la

a) Fibra óptica de vidrio



b) Fibra óptica plástica



millonésima parte de un metro. Además, se puede transmitir solo un haz de luz por el interior de esta, en donde su alcance de transmisión es de 300km en condiciones ideales.

- Fibras multimodo: Esta fibra se usa para aplicaciones a corta distancia. En esta fibra se puede transmitir más de un haz de luz, ya que su diámetro es mucho más grande que la fibra anterior, es decir, su diámetro es de 50 a 100 micras (μm).

La principal diferencia entre estas dos fibras es que la fibra monomodo brinda mayor ancho de banda, permiten alcanzar mayores distancias y transmitir los datos a elevadas tasas, aunque estas son más delicadas y su instalación resulta más compleja que las fibras multimodo debido a sus dimensiones pequeñas.

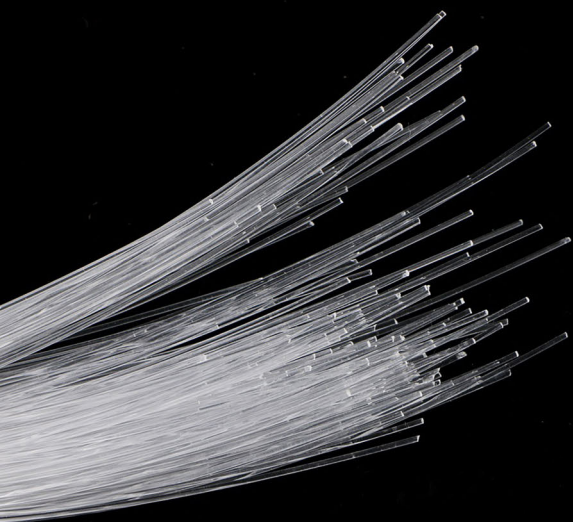
Sin embargo, en la actualidad se puede obtener fibras ópticas tanto de vidrio como fibras ópticas de plástico (Fi-

gura 39). Es preciso analizar y comparar estos dos tipos de fibra para conocer sus propiedades y ventajas de cada una de ellas.

La fibra óptica de vidrio está formada por pequeñas hebras de vidrio, las cuales se encuentran dentro de un revestimiento, generalmente un cable blindado flexible. Este tipo de fibra tiene un rango de temperatura que puede ir desde los -40°F hasta los 900°F , ya que los cables no tienen componentes eléctricos. Solo actúan como conducto o guía de luz.

Mientras que la fibra óptica plástica POF (Plastic Óptic Fiber) es un tipo de fibra que está hecha de plástico en lugar del vidrio tradicional. Esta fibra permite transmitir la luz a través del núcleo de la fibra. Se puede aplicar en usos de comunicaciones de datos, decoración, iluminación ya que ofrece una mayor durabilidad (Figura 40).

Las diferencias principales entre estos dos tipos de fi-



bra óptica es que la fibra óptica plástica tiene un diámetro mayor que la de vidrio, es decir aproximadamente la POF es de 1mm, 100 veces más grande que la fibra de vidrio. Además, es mucho más seguro la fibra de plástico que la de vidrio, ya que hasta su instalación es mucho más fácil.

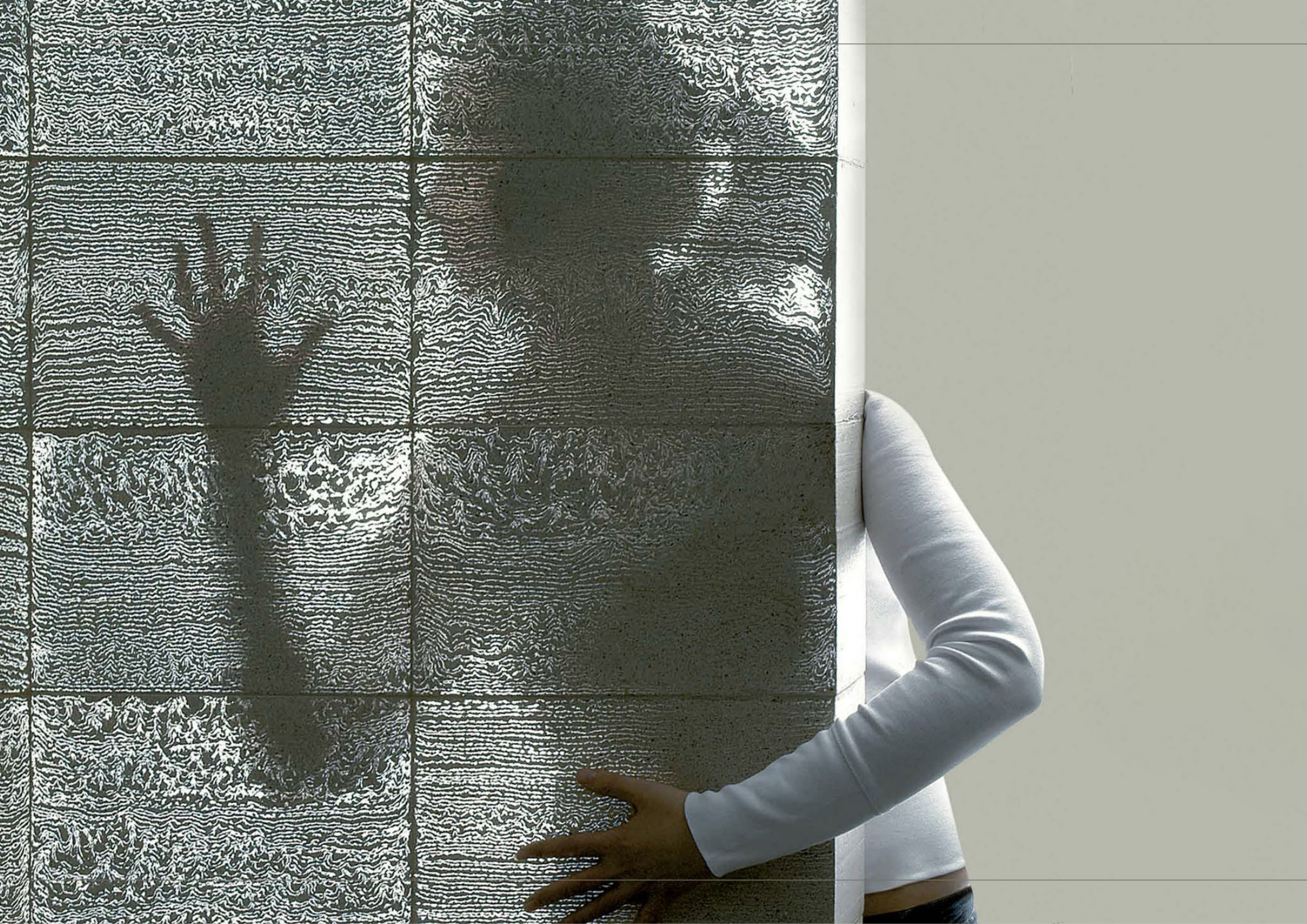
Uno de los usos que se da a la fibra óptica y el cual vamos a abordar es la iluminación, es decir nuestra aplicación es utilizando la fibra óptica plástica. En los últimos años se ha comenzado a utilizar la fibra óptica como sistema de iluminación en cualquier espacio. A través de la fibra se puede transmitir impulsos moderados de luz, es decir, se encuentran controlados. Esta luz se transmite a través de LED o láser y viaja por toda la fibra para llegar a su destino.

Una de las principales ventajas de la fibra óptica además de la velocidad de transmisión es que no se ve afectada por la electricidad y permite el uso adecuado en sistemas que permitan el uso de luz o electricidad.

A pesar de las ventajas que posee la fibra óptica con respecto a otros cables de transmisión, no se utiliza en cantidades mayores, debido al alto costo inicial que tiene, tanto de fabricación como de venta.

Actualmente Ecuador cuenta con una fábrica de producción de fibra óptica. LatamFiberHome es la primera fábrica en el país que se encarga de producir y exportar cables de fibra óptica a Latinoamérica, este tipo de fibra óptica es la que podemos usar para transmitir datos. El uso principal que se está dando a este cable es para administrar servicios de Internet y wi-fi, el cual mejorar considerablemente su velocidad con respecto a los anteriores métodos utilizados.

Sin embargo, resulta complicado obtener Fibra Óptica Plástica en nuestro medio, ya que no existen empresas de producción de este tipo de fibra, por lo que para realizar proyectos o algún tipo de instalación con la fibra plástica se requiere de proveedores de otros países y de otros



continentes que brinden estos cables o que se dediquen a la producción de los mismos.

Hoy en día ya se realizan aplicaciones de fibra óptica relacionada con el hormigón y la arquitectura. Tal es el caso de la empresa LITRACON, la cual se encarga de combinar estos dos elementos para crear hormigones especiales, los cuales reaccionan y permiten el paso de la luz a través de sus cables de fibra óptica (Figura 41).

La manipulación de la luz está controlada dentro de un cable, con terminaciones especiales y en placas especiales que hacen que la transmisión sea posible y brindando resultados innovadores e interesantes para las personas.

La opción de dar una nueva aplicación a la fibra óptica aparte de la transmisión de datos resulta interesante no solo para los arquitectos sino para las personas en general, cambiar la manera de ver la fibra óptica, no solo para transmitir información sino para transmitir luz puede re-

sultar en una aplicación diferente para las personas.

Optar por nuevos métodos para innovar en el diseño arquitectónico puede tener resultados atractivos para edificaciones. Por ejemplo utilizar la fibra óptica como cables que permitan transmitir luz y combinándolos con el mortero para producir translucidez, daría como resultado algo que sin lugar a duda beneficiaría a una fachada o algún elemento decorativo.



2.7

CONCLUSIONES

Los prefabricados son una de las mejores opciones para producir una construcción rápida reduciendo así costos en mano de obra. Un módulo prefabricado aporta racionalidad en la obra debido a la secuencia y repetición del elemento sin importar si la forma geométrica del módulo es compleja. El mortero de cemento es el material ideal para prefabricar debido a los avances en el conocimiento que se tiene sobre este material, pueden aportar diversidad de acabados, texturas y coloración si se aplican las técnicas, aditivos o agregados correctamente.

Las cualidades de la fibra óptica permiten que su uso sea variado, comúnmente se usa como transmisor de datos, en este caso le damos una nueva aplicación relacionada con la decoración y la arquitectura gracias a la propiedad de transmitir luz desde el un extremo del cable al otro.

2.8

REFERENCIAS

- Akalin, O., Akay, K. U., Sennaroglu, B., Tez, M. (2010). Optimization of chemical admixture for concrete on mortar performance tests using mixture experiments. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.chemolab>.
- Alcalá, U. d. (2018). Materiales I, Tema 4: Morteros. Obtenido de Ciencia y Tecnología de la Edificación: https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_profesores/prof121896/docencia/T4_MORTEROS.pdf
- Álvarez, J. I. (2015). Historia de los Morteros. ResearchGate, 1-22.
- Asocreto. (2011). Manejo y Colocación en Obra, Tomo II. Bogotá, D.C. Legis S.A., 2011.
- ASTM C144. (1974). Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar. West Conshohocken, PA. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/329993811/ASTM-C-144-pdf>.
- Baby, T. (04 de agosto de 2011). Fibra óptica. Obtenido de <https://fibrasopticaplus.wordpress.com/>
- Castillo, E., & Lema, W. (2018). Relaciones agua/cemento en diseño de vértices extremos aplicado a mortero. *MASKANA*, Vol. 9, 125-140.
- Furlan, V.; Bissegger, P. (1975). Les mortiers anciens. Histoire et essais d'analyse scientifique. *Revue suisse d'Art et d'Archéologie*. 32: 1-14.
- Granada, U. d. (01 de 04 de 2019). Mortero de la Construcción y Ornamentación. Obtenido de <https://biblioteca.ugr.es/>
- Gutiérrez de López, L. (2003). Morteros. En L. Gutiérrez de López, *El Concreto y otros Materiales para la Construcción* (págs. 115-129). Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Gycom. (2013). Fibra Óptica. Obtenido de <http://www.fibraoptica.com/informacion-tecnica/vistazo-tecnologia>
- León, L., Vázquez, A., & Torres, M. (2012). Estudio del surgimiento y desarrollo de los morteros en la construcción. Cuba: Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
- Le Corbusier. (1953). *El Modulor*. Buenos Aires: Poseidón.
- Morris, A. (1981). *El hormigón premoldeado en la arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A.

BIBLIOGRAFÍA

·Nieto Cárdenas, J. (2014). Diseño de una vivienda de dos plantas con soluciones prefabricadas. Cuenca: Universidad de Cuenca.

·Novas, J. (2010). Sistemas Constructivos Prefabricados aplicables a la Construcción de Edificaciones en países de Desarrollo. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

·Noyons, W., & Ruijs, L. (2018). Van der Laan Foundation. Obtenido de <http://www.vanderlaanstichting.nl/en/the-plasticnumber>

·Orus, A. F., (1972). Materiales de Construcción. 7ma: ed Revolucionaria. La Habana. Cuba. Instituto del Libro, p 703.

·Sánchez de Guzmán, D. (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

·Serrentino, R., & Molina, H. (2011). Arquitectura modular basada en la teoría de polígonos. Tucumán, Argentina.

·Sickels, L.B. (1981). Organics vs. synthetics: their use as additives in mortars. Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings, Symposium IC-

CROM. 25-52.

·Simon, M. J., Lagergren, E. S., Snyder, K. A. (1997). Concrete mixture optimization using statistical mixture design methods. New Orleans, LA: International Symposium on High Performance Concrete, pp. 210-244.

·Vitruvio, M. (23 a 27 a.C.). Los diez libros de arquitectura (tercer libro). Roma.

·Wadel, G., Avellaneda, J., & Cuchi, A. (2010). La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. Cataluña.

·Wilhide, E. (2005). Materiales guía de interiorismo. Barcelona: Blume.

·Yeh, I.-C. (2006). Analysis of strength of concrete using design of experiments and neural networks. Journal of Materials in Civil Engineering, 18(4), 597-604. doi: 10.1061/_ASCE_0899-11561_2006_18:4(597)

·Andrade, W., & Padrón, J. (2014). Diseño de un sistema modular usando elementos prefabricados aplicados a vivienda y comercio a pequeña escala. Cuenca.

·Argudo, A., & Ortega, P. (2009). La vivienda económica desde la arquitectura. Cuenca.

·Ashurst, J. (1983). Mortars, plasters and renders in conservation, Ecclesiastical Architects and Surveyors' Association.

·Benavides, J. (1996). La arquitectura vernácula, una memoria rota. Madrid.

·Bonell, C. (2000). La divina proporción. Barcelona: Edicions UPC.

·Campos, A. (2018). La obra de Van der Laan y el número plástico. E.T.S. de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, 75-86.

·Carvajal, M. (2014). Análisis para la aplicación del programa OptiFiber de Optiwave para las mediciones de los parámetros de diseño de los cables de fibra óptica. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

·Corbalán, F. (2010). La proporción áurea. Barcelona: EDI-TEC.

·Cordero, M. J., & Reyes, M. (2015). Estudio del hormigón pulido y microcemento y su aplicación en acabados arquitectónicos. Cuenca.

·DUOC-OC, I. P. (2005). Guía y material de apoyo para laboratorio de fibra óptica. Chile: Instituto Profesional DUOC-OC.

·Gallegos, A. (2007). Conexiones y elementos prefabricados. *Construcción y Tecnología*, 42-45.

·Gómez, J. (2009). Viviendas modulares industrializadas. Trápaga.

·González de la Cadena, J. (2016). Estudio del mortero de pega usado en el cantón Cuenca. Propuesta de mejora, utilizando adiciones de cal. Cuenca: Universidad de Cuenca.

·Koike, Y., & Asai, M. (2009). The future of plastic optical fiber. *NPG Asia Materials*, 22-28.

·López, P., Ignacio, J., Cambeiro, P., & Faustino. (s.f.). La casa Varela de Alejandro de la Sota. Coruña.

·López, S., & Serrano, A. (2013). Sistema de autoconstrucción de vivienda económica con tabiquería de materiales alternativos. Cuenca: Universidad de Cuenca.

·Malinowski, R.; Garfinkel, Y. (1991). Prehistiry of Concrete. *Concrete International*. 62-68.

·Merino, M., Santa Cruz, J., & González, M. (2005). Morteros aligerados con arcilla expandida: Influencia de la granulometría y la adición de Fibras de Vidrio AR en el Comportamiento mecánico. España: *Informes de la Construcción*, Vol: 57.

·Monjo Carrió, J. (2005). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. *Procedimientos para su industrialización*. *Informes de la construcción*, vol. 57, 37-54.

·NTE INEN 2 518 (2010). Morteros para unidades de mampostería. Requisitos. En Instituto Ecuatoriano de Normalización, *Norma Técnica Ecuatoriana* (págs. 1-25). Quito.

·Ordóñez, F., & Gómez, F. (2009). Industrialización para la construcción de viviendas. Viviendas asequibles realizadas con prefabricados de hormigón.

Ovando, G., Lauret, B., Pérez-Pujazón, B., & Vergara, E. (s.f.). La construcción modular ligera con módulos tridimensionales, antecedentes y situación actual. Madrid.

·Serrano, P., & Solano, F. (2015). Análisis de las características estructurales en la obra del gabinete de arquitectura y propuesta arquitectónica. Cuenca: Universidad de Cuenca.

·Torres, J. (2000). Voces para un diccionario de arquitectura teórica. Madrid: Celeste.

·Voet, C., & Schoonjans, Y. (2011). El espacio arquitectónico de Dom Hans Van der Laan. En C. Voet, & Y. Schoonjans, *Extensiones de la metáfora en la arquitectura contemporánea religiosa* (págs. 126-135).

REFERENCIAS DE IMÁGENES.

Figura0: León, D. Serrano, O. (2018), Panel de mortero con fibra óptica Panle MF

Figura1: Crespo, S. (2012), Edificio 0398-Espinoza Carvajal [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/dsokSi>

Figura2: Hormi2. (2016), Casa Mangrullos [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/vcccv>

Figura3: Balat. (2017), Oficinas prefabricadas [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/dKEh8M>

Figura 4: Garnica (2019), Prefabrication system [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2Ex161w>

Figura5: CPA (2018), Fachadas arquitectónicas en concreto [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2LVjqr5>

Figura6: Freepik. (2018), Bombilla con papel arrugado [Ilustración]. Recuperado de <https://goo.gl/Bc7Qvw>

Figura7: Wytte, R. (2011), American Can Company Headquarters [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/W4qY9Z>

Figura8: Morimoto, P. (2012), SOM – Gordon Bunshaft [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/jsjCa9>

Figura9: León, D. (2017), Vivienda vernácula en el Cojitambo [Fotografía].

Figura10: Gamboa, D. (2015), Neue Nationalgalerie – Mies Van der Rohe [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/Xh6odT>

Figura11: Archiexpo (2018), Panel decorativo de mortero con fibras [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2HT3r7R>

Figura12: Liberato, R. (2006), Las pirámides de Guiza [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2GIfsNT>

Figura13: Lan, M. (2006), Frigidarium Terme del Foro Ostia Antica [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2K4K2TN>

Figura14: Ceisa. (2018), Mortero [Fotografía]. Recuperado de <http://www.ceisa.es/mortero/>

Figura15: Estilopropio. (2018), Mesa de Aronowitz de mortero de cemento pigmentado ligeramente descremado [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2Ej7hax>

Figura16: PxHere. (2019), Pared mortero y ladrillo [Fotografía]. Recuperado de <https://pxhere.com/es/photo/1586651>

to/1586651

Figura17: Rafaela inmuebles (2012), Cae el empleo en la construcción [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2YU7V51>

Figura18: Depositphotos. (2012), Textura mortero de cemento [Fotografía]. Recuperado de <https://sp.depositphotos.com/>

Figura19: 3D Surface. (2011), Panel de mortero decorativo impreso en 3D [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2Xa08h6>

Figura20: Tecnología de Materiales. (2005), El Mortero [Fotografía]. Recuperado de <http://jhonrodrigueztecmblogspot.com/>

Figura21: Policemento. (2019), El Mortero de alta resistencia [Fotografía]. Recuperado de <https://www.policemento.com.ar/>

Figura22: Pinterest. (2019), Mortero aplicado a un muro [Fotografía]. Recuperado de <https://www.pinterest.com/pin/486599934712910128/>

Figura23: Ortiz, R. Taboada, J. (2012), Centro Roberto Garza – Tadao Ando [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/qaeGNH>

Figura24: Prieto, N. (2015), Estudio de Arte-Urban Agency [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/eXRF4k>

Figura25: ULMA. Molde o encofrado metálico [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/xAVqoW>

Figura26: León, D. (2017), Museo del Baco Central Cuenca [Fotografía].

Figura27: Archipro. (2018) Classic finished polished floors [Fotografía]. Recuperado de <https://bit.ly/2QoSajl>

Figura28: Hollman, M. (2015), China National Museum, Beijing-gmp architekten [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/o1UMYW>

Figura29: Divisare. (2016), Abadía de San Benito – Dom Hans Van der Laan. [Fotografía]. Recuperada de: <https://goo.gl/fMCnrh>

Figura30: Divisare. (2016), Chemollo Monastery Church – Dom Hans Van der Laan. [Fotografía]. Recuperada de: <https://goo.gl/adqQZt>

[tps://goo.gl/adqQZt](https://goo.gl/adqQZt)

Figura31: Raccanello, S. (2012), Partenón, el gran templo de Atenea [Fotografía]. Recuperado de <https://goo.gl/VvvvUh>

Figura32: Matemolivares. (2013), Escuelas Heinz-Zvi Hec-ker [Dibujo]. Recuperado <https://goo.gl/zxddGy>

Figura33: Culture images. El Hombre de Vitruvio-Leonardo da Vinci [Dibujo]. Recuperado <https://goo.gl/3HYunN>

Figura34: Museo Nacional Centro de Arte Renia Sofia. EL Modulor dirigida por Javier Gómez y Rosa Cervera para la Exposición Le Corbusier de 1987 [Fotografía]. Recuperado <https://goo.gl/3V2Ygo>

Figura35: olhArquitectura. (2014), Unite d' Habitation, Mar-seille [Fotografía]. Recuperado <https://goo.gl/YFMyks>

Figura36: Brittain, J. (2018), Habitat 67 [Fotografía]. Recu-perado <https://goo.gl/HB4J7M>

Figura37: Creative commons. Fibra óptica de 1,5mm [Fotografía]. Recuperado <https://goo.gl/RMExiz>

Figura38: Metro. (2018), Fiber optic cable [Fotografía]. Re-cuperado de <https://bit.ly/2QbZ0sk>

Figura39: Fibra óptica México. (2018), Cable ABF multitubo [Fotografía]. Recuperado <https://goo.gl/fcCBxP>. Apuntes de networking. (2010), Fibra monomodo (SM) [Fotografía]. Re-cuperado <https://goo.gl/d4RPRm>

Figura40: MTEVTSale. (2018), Fibra Óptica. [Fotografía]. Recuperada <https://goo.gl/cdXxDB>

Figura41: Litracon classic. Bloques de hormigón con fibra óptica de vidrio [Fotografía]. Recuperado <https://goo.gl/qEoiJp>

Figura42: Freepik. (2018), Bombilla hecha con bola amarilla de hilo sobre fondo azul [Ilustración]. Recuperado de <https://goo.gl/qZuoPe>

TERCER

CAPÍTULO 3

PROPUESTA DE MÓDULO PREFABRICADO NO ESTRUCTURAL, PANEL MF



3.1

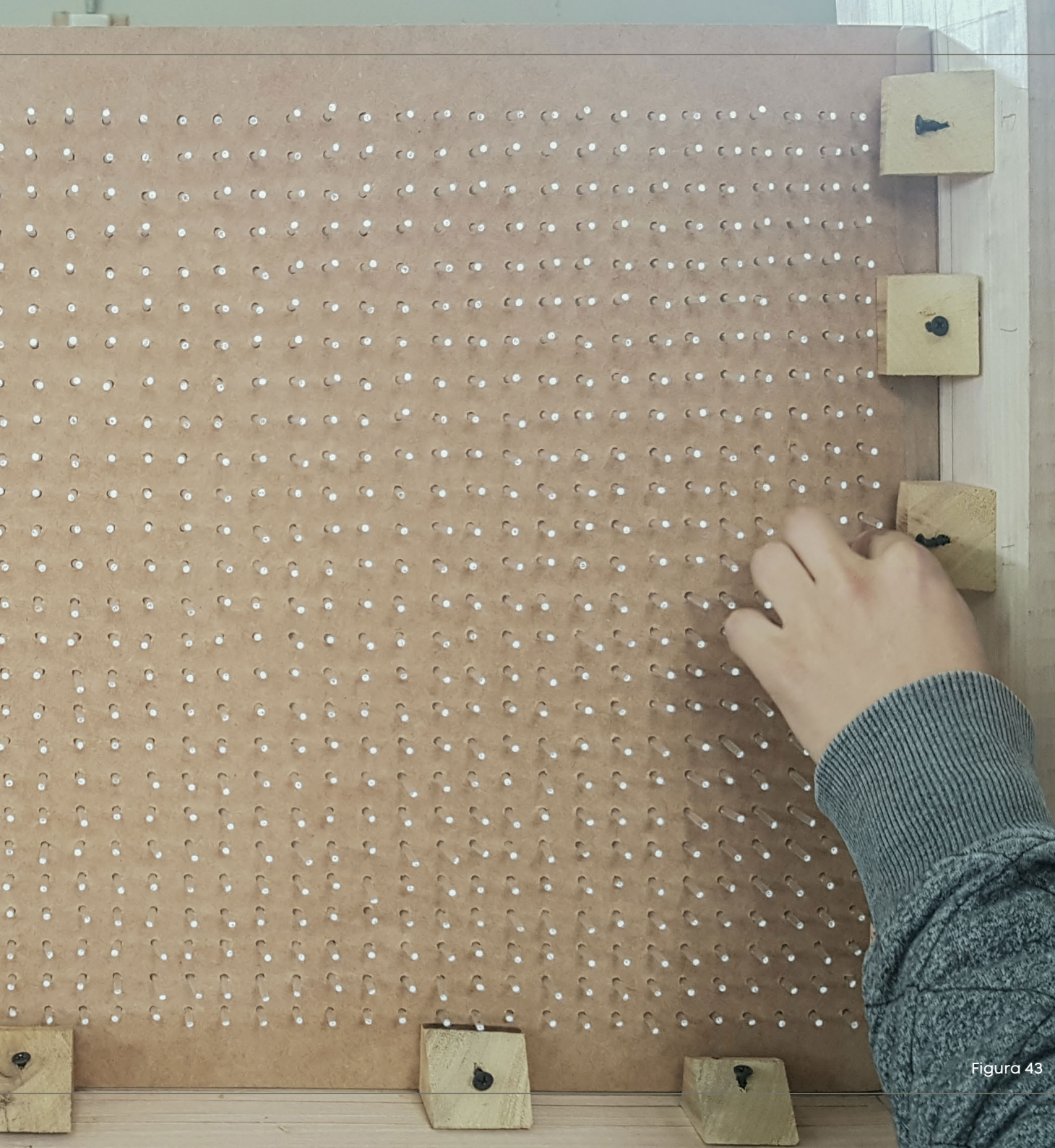
PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO

El panel prefabricado ha sido desarrollado pensando en:

- a) Las propiedades que ofrece el mortero como material para la construcción.
- b) La importancia de un módulo a escala humana.
- c) Las características de la fibra óptica como transmisor de luz.
- d) El efecto de translucidez que produce la fibra óptica en el mortero.

Mediante la experimentación de nuevos materiales como la fibra óptica, se busca crear algo innovador que pueda ser útil para el diseño arquitectónico y de interiores, en este caso un panel prefabricado denominado "MÓDULO MF o PANEL MF" cuyo diseño se basa en: la distribución racional y ordenada de la fibra óptica, una dimensión estándar



de 30x30cm y una altura de 2.10m optando así por un módulo de 210cm x 90cm.

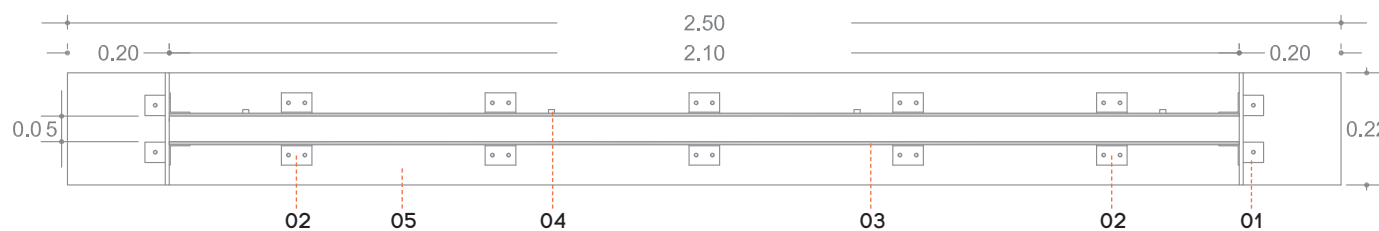
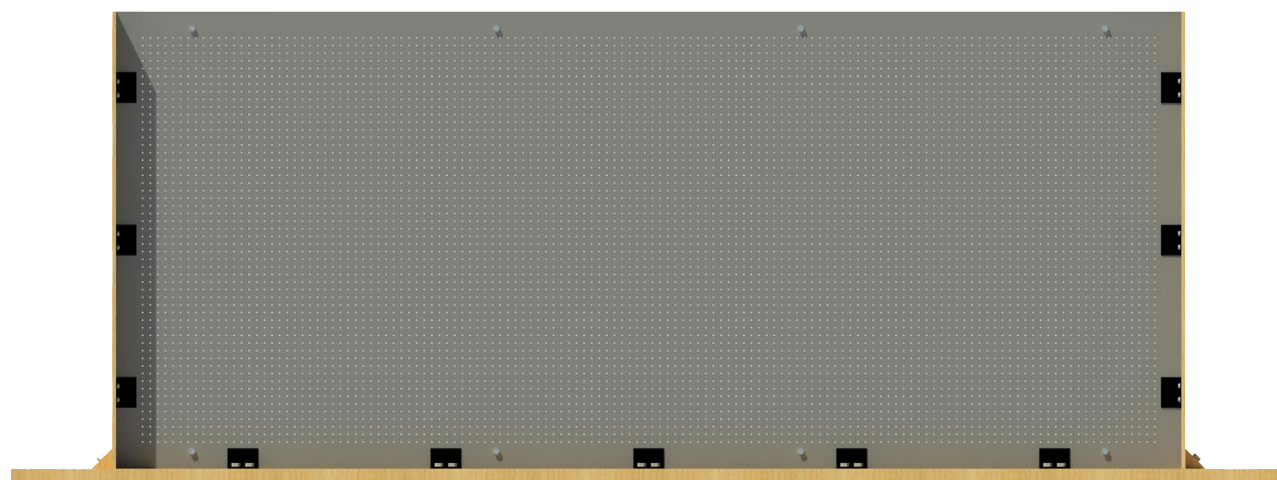
Estas dimensiones son las propuestas para el diseño del panel en esta investigación, sin embargo, el panel podría tener las dimensiones que requiera un diseño específico según sus necesidades.

Una vez establecidas las dimensiones del Panel MF empieza el diseño el cofre, con el cual se plantea cumplir los siguientes requerimientos:

- A) Permitir el reúso
- B) Ser de fácil armado
- C) Ser de fácil desarmado
- D) Permitir que la fibra óptica le atraviese de un lado a otro sin dificultad. (Figura43)
- E) Que el acabado del panel sea liso.

Figura 43

3.1.2 PLANTA COFRE



Se planteó que el panel como elemento arquitectónico de envolvente pueda:

- Homogeneizar la fachada frontal evitando elementos adicionales.
- Garantizar el montaje y desmontaje para que en caso de daños este pueda ser reemplazado.
- Ser de fácil manejo para los trabajadores al momento de su colocación en sitio.

El proceso constructivo del cofre debe ser fácil y rápido para garantizar su reutilización y su posible industrialización.

01. Piezas de madera de pino de 4cm x 5cm para unión entre tablas.

02. Ángulo metálico A36 de 4cm x 4cm y de espesor 2mm.

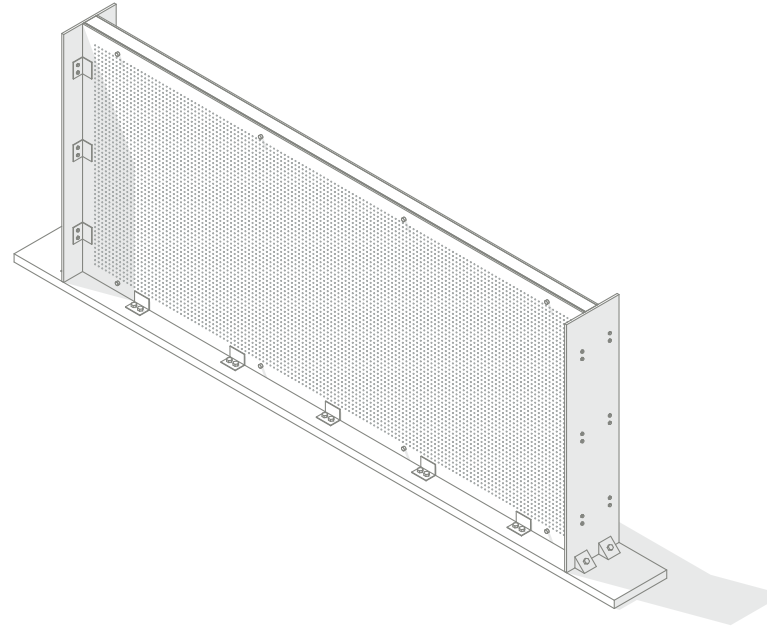
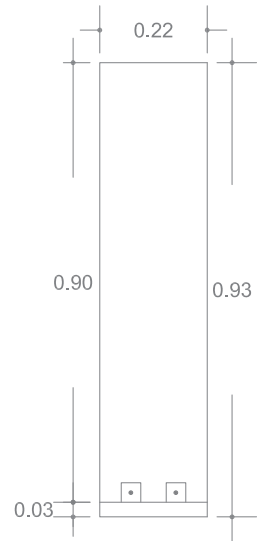
03. Plancha metálica A36 de 210cm x 90cm y de espesor 6mm.

04 Gancho J Ø=12mm

05. Tabla de madera de pino de 22cm x 250cm de espesor de 4cm.

ELEVACIÓN LATERAL

Unión de tablas de madera mediante piezas de madera y tornillos.



3.1.3 ELEVACIONES COFRE

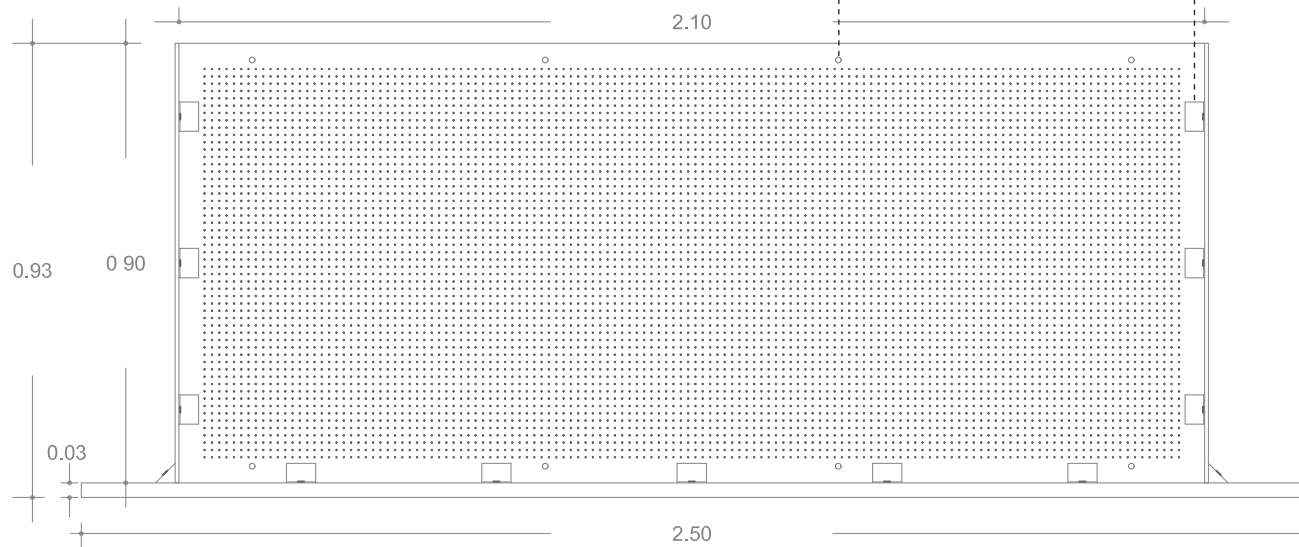


Se puede observar que la plancha de acero de 210x90cm presenta orificios en un total de 1456 los cuales son una de las partes primordiales del diseño del cofre, ya que este número resulta de la distribución racional de la fibra óptica de 3mm en el panel. La separación de 1.5cm entre fibras produce esta cantidad de orificios en un área de 18.900cm².

A los cuatro lados del módulo prefabricado se deja unos márgenes de 5cm debido a que en estos se funden ganchos J, mediante los cuales los Paneles MF se sujetarán a los ángulos metálicos que hacen de estructura del panelado.

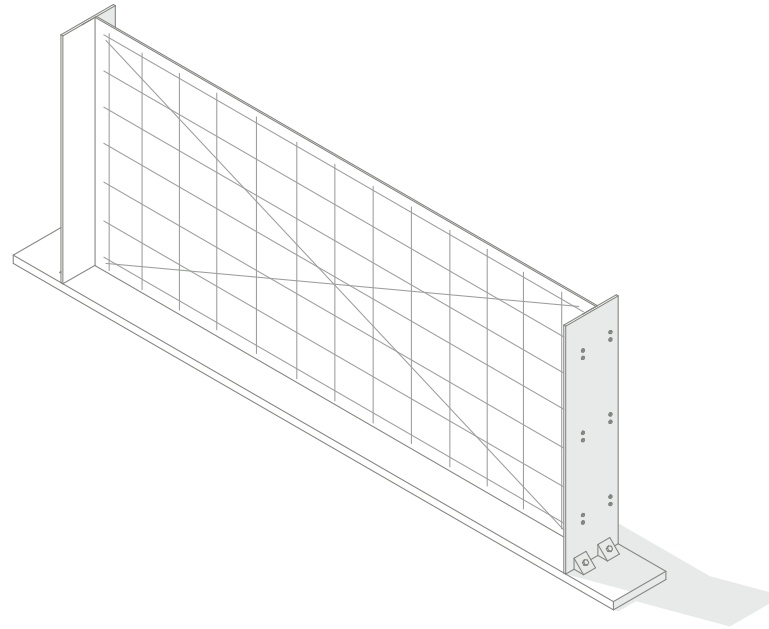
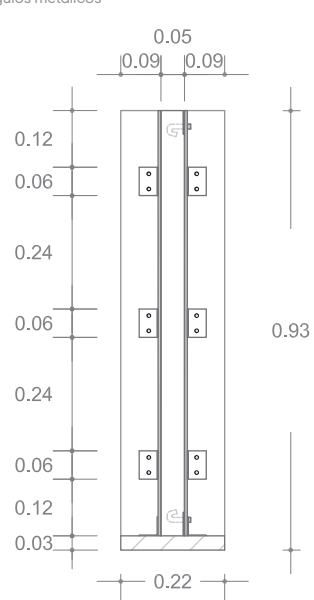
ELEVACIÓN FRONTAL

Disposición de ángulos metálicos y ganchos J



SECCIÓN 1-1

Unión tabla de madera y plancha metálica
mediante ángulos metálicos



3.1.4 SECCIONES COFRE



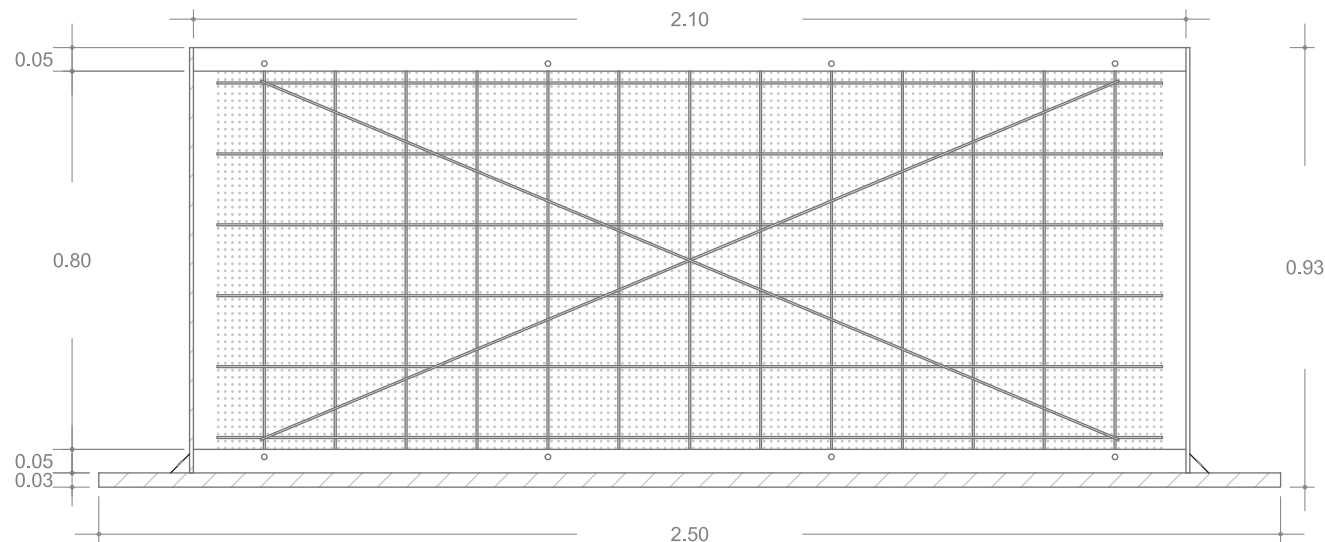
Las planchas metálicas de 2.10x0.90cm presentan soldadas en ellas ángulos metálicos, con los cuales se unen a las tablas de madera de la base y los laterales mediante pernos.

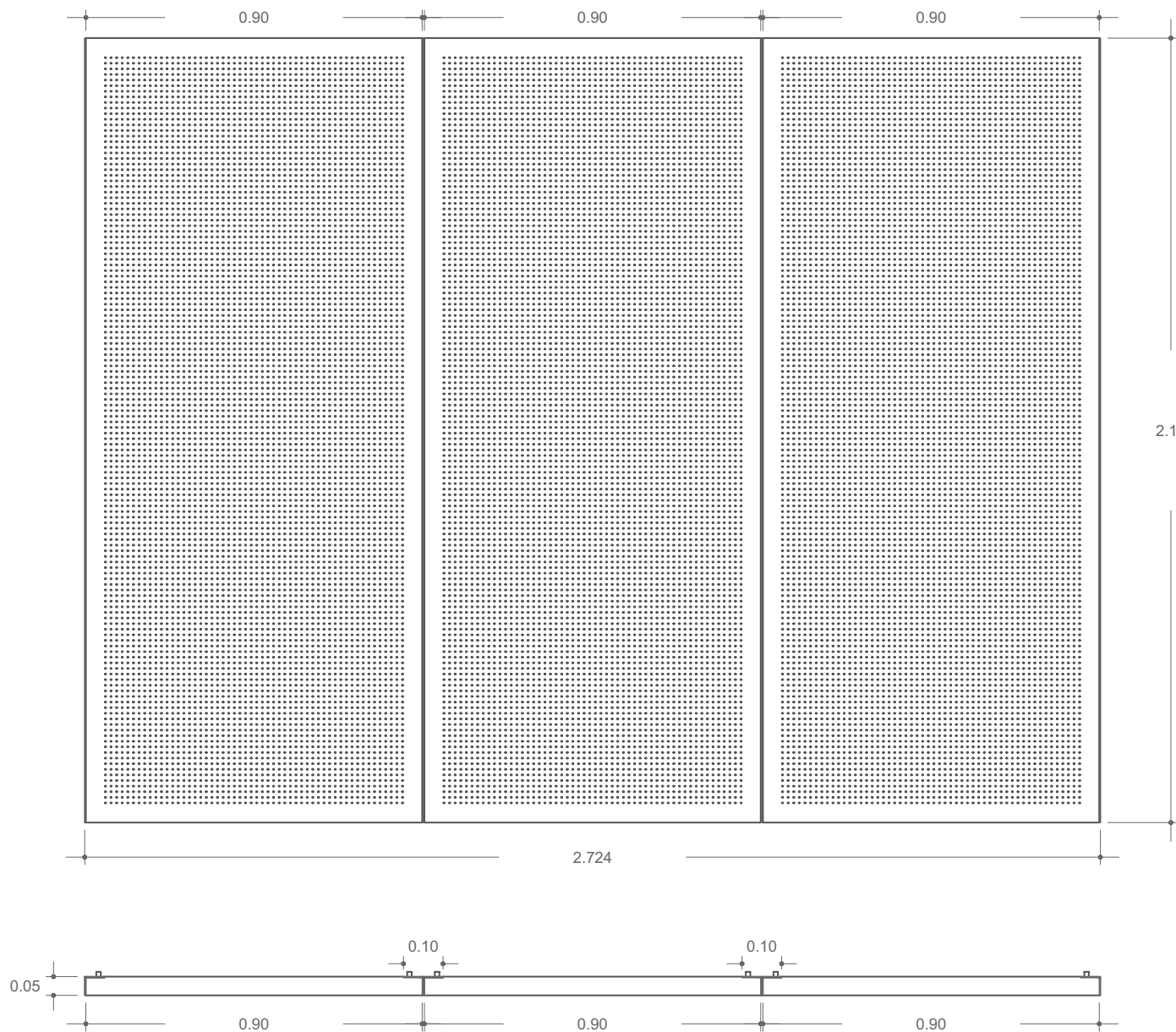
En esta sección también se muestra la armadura metálica que conforma la malla electrosoldada R64 y las varillas en diagonal. El objetivo de este refuerzo es que el Panel MF responda bien y resista a su propio peso debido a las dimensiones de su diseño.

El refuerzo se colocó de tal manera que no cubra los orificios dispuestos para el paso de la fibra óptica a través del encofrado.

SECCIÓN 2-2

Armadura de refuerzo del Panel MF



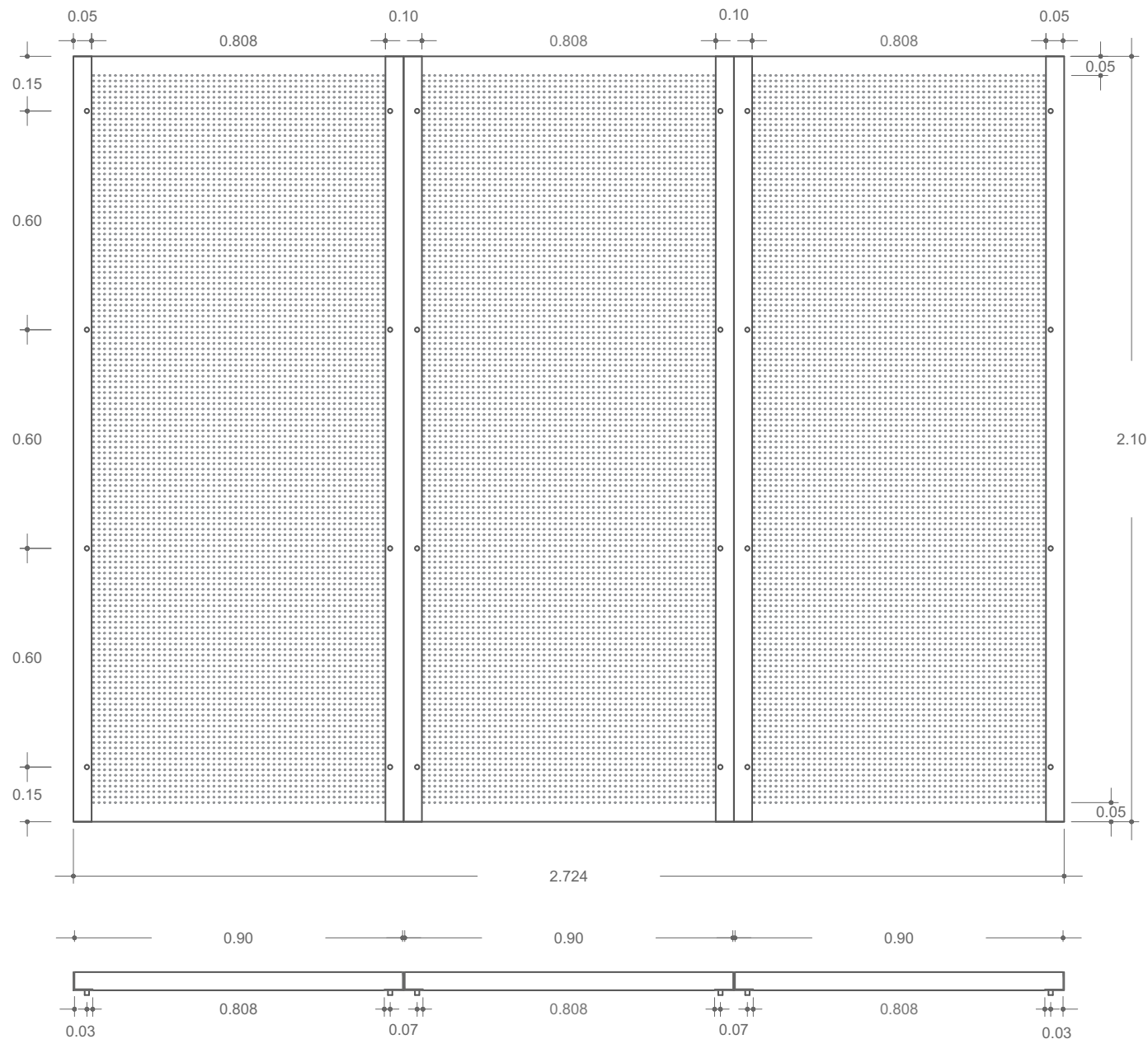


3.15 PLANTA Y ELEVACIÓN FRONTAL (FACHADA)



Uno de los objetivos del panel MF es homogeneizar la fachada de un edificio mediante la distribución racional, ya que busca homogeneizar las fachadas de un edificio. Para esto los paneles se distribuyen uno junto al otro, generando una malla de 2.10x0.90m.

El objetivo de colocar uno junto al otro es que la fachada que produzca el Panel MF en un proyecto sea minimalista y no presente adornos o elementos adicionales, es por eso que el anclaje pensado para colocar los prefabricados es independiente y propio del proyecto arquitectónico, más no del Panel MF, con esto logramos generar una fachada racional y limpia.



3.16 PLANTA Y ELEVACIÓN POSTERIOR



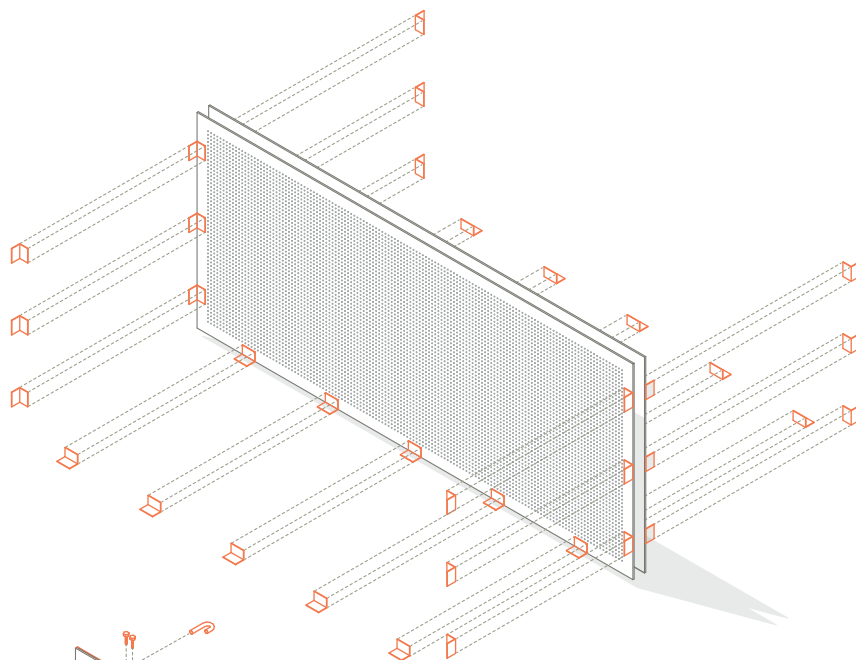
Para anclar los paneles y generar una repetición se colocan unidos a la malla electrosoldada fundida en el panel ganchos J, los cuales sobresalen de una de las caras. Con estos ganchos se puede montar los paneles a una estructura propia del proyecto arquitectónico ya que por sí mismos no son estructurales. Dicha estructura esta conformada por ángulos metálicos.

Debido al tipo de anclaje, hacia el interior del proyecto se visualizarán los ángulos colocados para soporte de los Paneles MF, los cuales forman una T el momento de soldarlos entre sí y de igual manera, se podrán observar los pernos. Entonces podemos decir que los anclajes serán vistos en el interior de un proyecto, pero no en el exterior, evitando así elementos adicionales en la fachada.

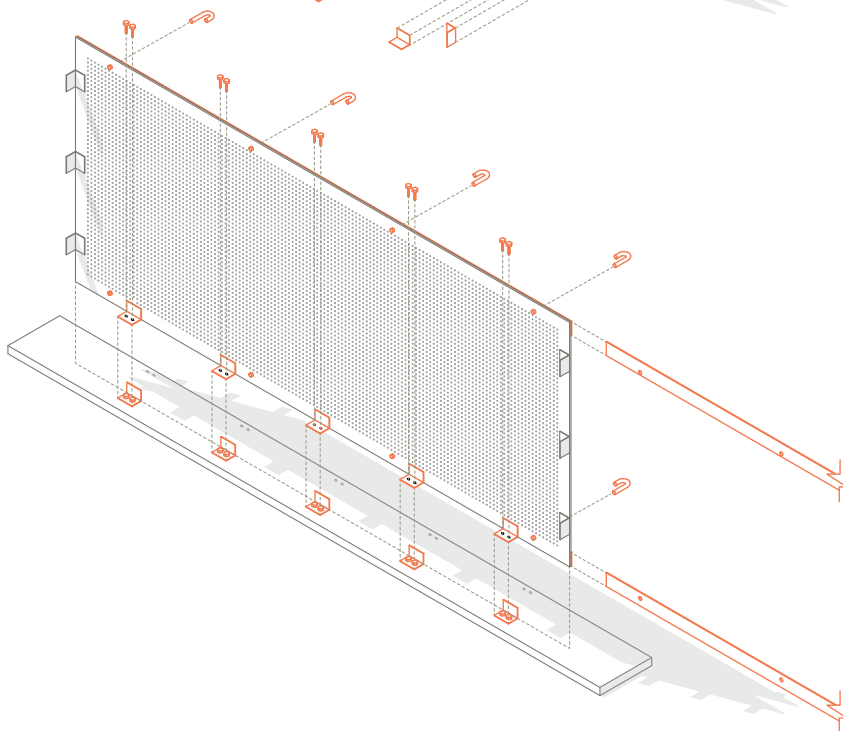


Figura 44

1



2



3.2

PROPUESTA CONSTRUCTIVA

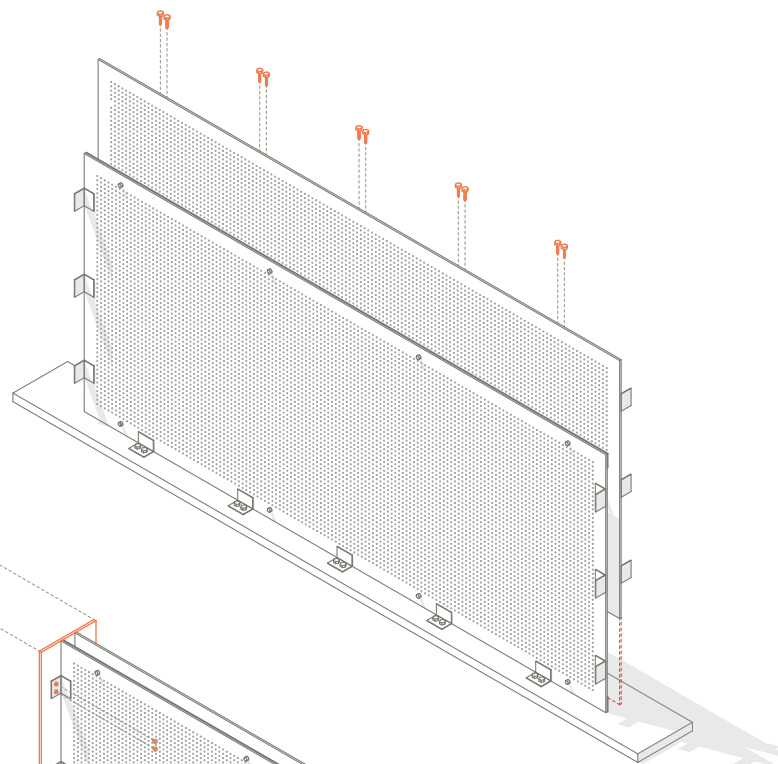
3.2.1 PROCESO CONSTRUCTIVO COFRE

El encofrado es importante para tener buenos resultados en el acabado final del Panel MF (Figura 44), por eso se plantea usar planchas metálicas con previas perforaciones para el paso de la fibra óptica. Las dimensiones son 210x90cm y 6mm de espesor.

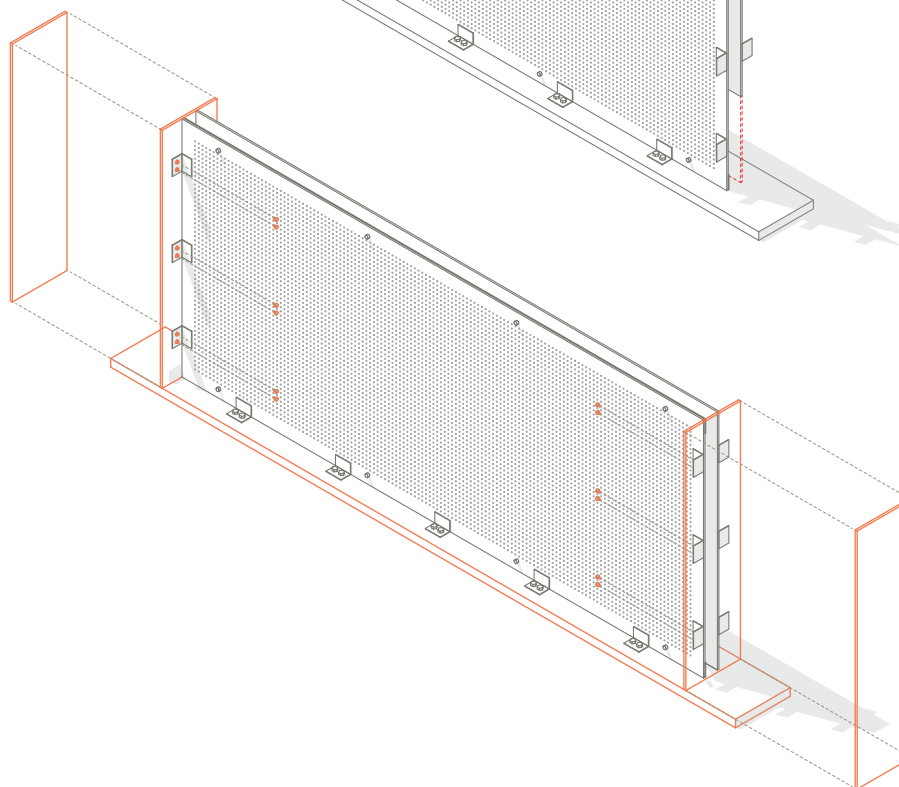
1) A cada extremo de las planchas metálicas se soldará tres ángulos y cinco en su base. Estos servirán para unir las diferentes piezas del cofre mediante pernos y así generar un molde que sea fácil de armar y desarmar.

2) Una plancha se unirá mediante los ángulos y pernos antes mencionados a la base, la cual será una tabla de pino de 4cm de espesor. Luego se coloca dos piezas de cartón a lo largo del panel y los ganchos J.

3



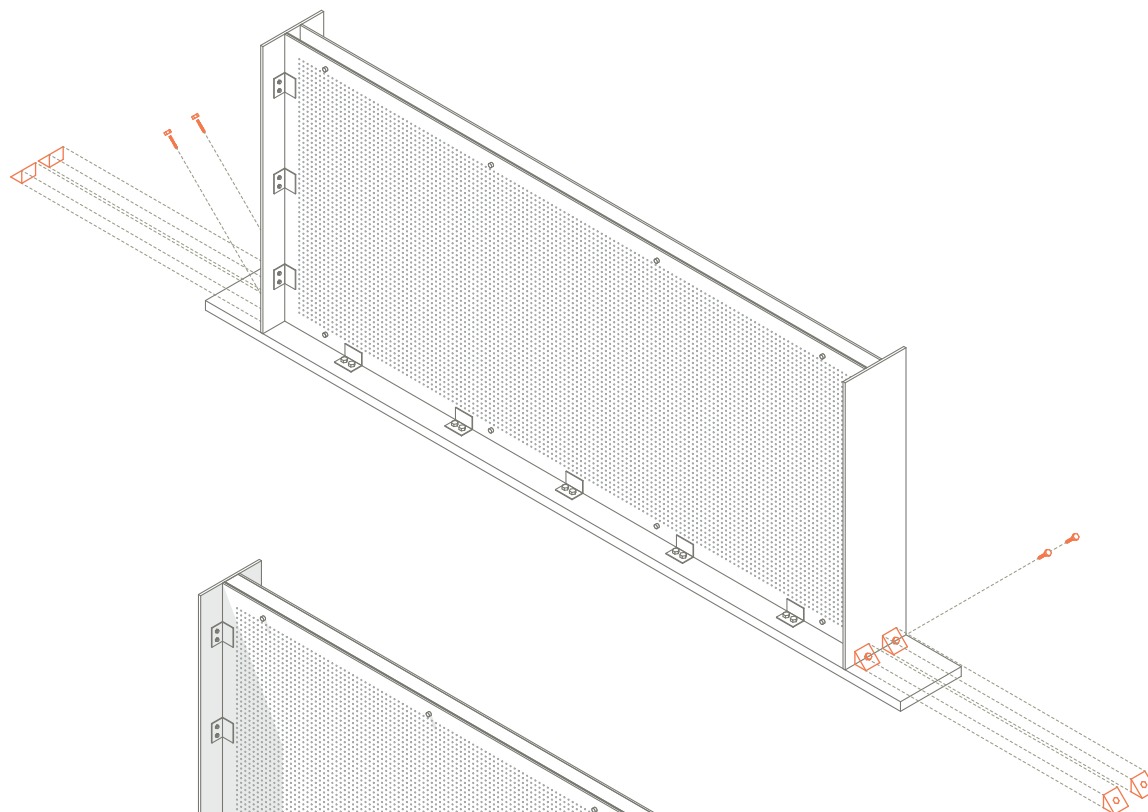
4



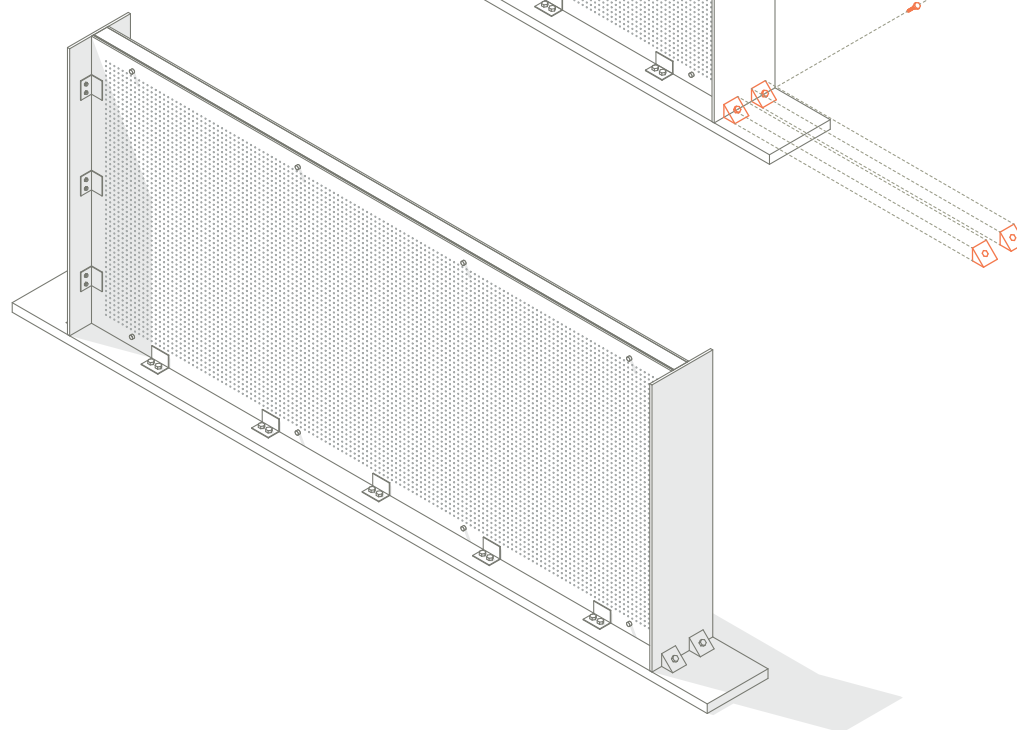
3) Se une la siguiente plancha metálica a la base dejando una separación entre ellas equivalente al espesor final del panel, en este caso una separación de 5cm.

4) Ya armada la base del encofrado con las planchas metálicas, se une las siguientes caras del cofre, las cuales también serán tablas de pino de 4cm de espesor. Estas se unirán a los ángulos soldados en las planchas metálicas y fijadas mediante pernos.

5



6

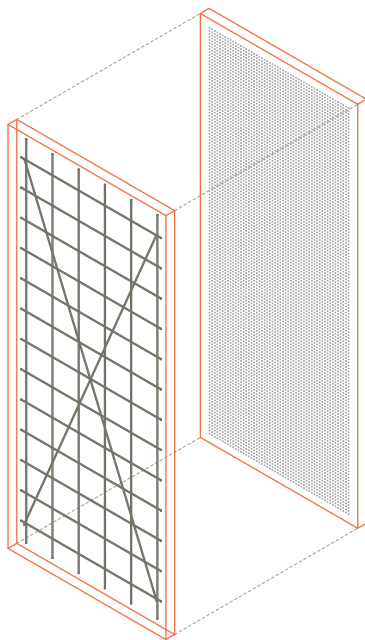


5) En este punto el cofre esta casi completo, pero se vio pertinente anclar también las tablas de pino entre si. Se utiliza dos piezas de madera recortadas en triángulo rectángulo prismático para unir la base y a la cara lateral del cofre mediante tornillos.

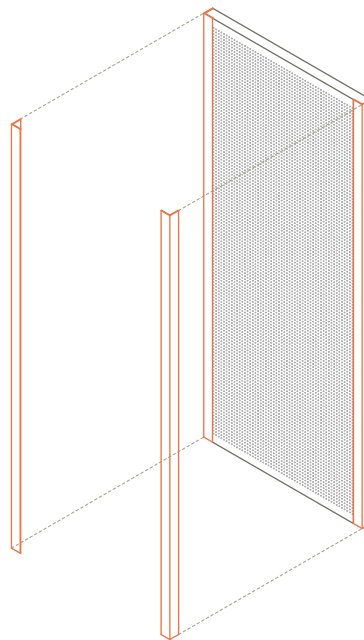
6) Este sería el molde una vez armadas todas sus piezas. Como podemos ver en el gráfico, el molde presenta una gran cantidad de agujeros por los cuales la fibra óptica pasara de un lado a otro garantizando así que estos queden fundidos en el mortero de cemento.

El encofrado tiene la finalidad de ser reutilizable y de fácil armado, es por eso que se lo ha diseñado en acero y madera. Para la base y los laterales se optó por tablas de pino y no por planchas metálicas debido a que estas piezas no influyen en el acabado liso del panel.

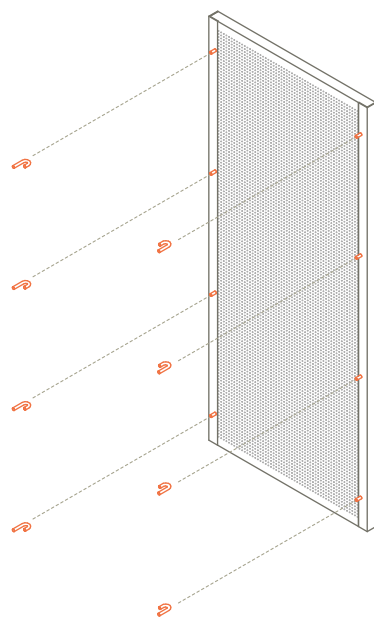
1



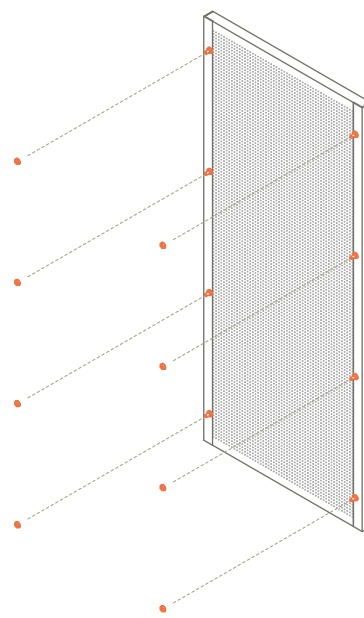
3



2

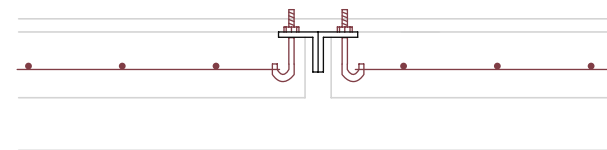


4



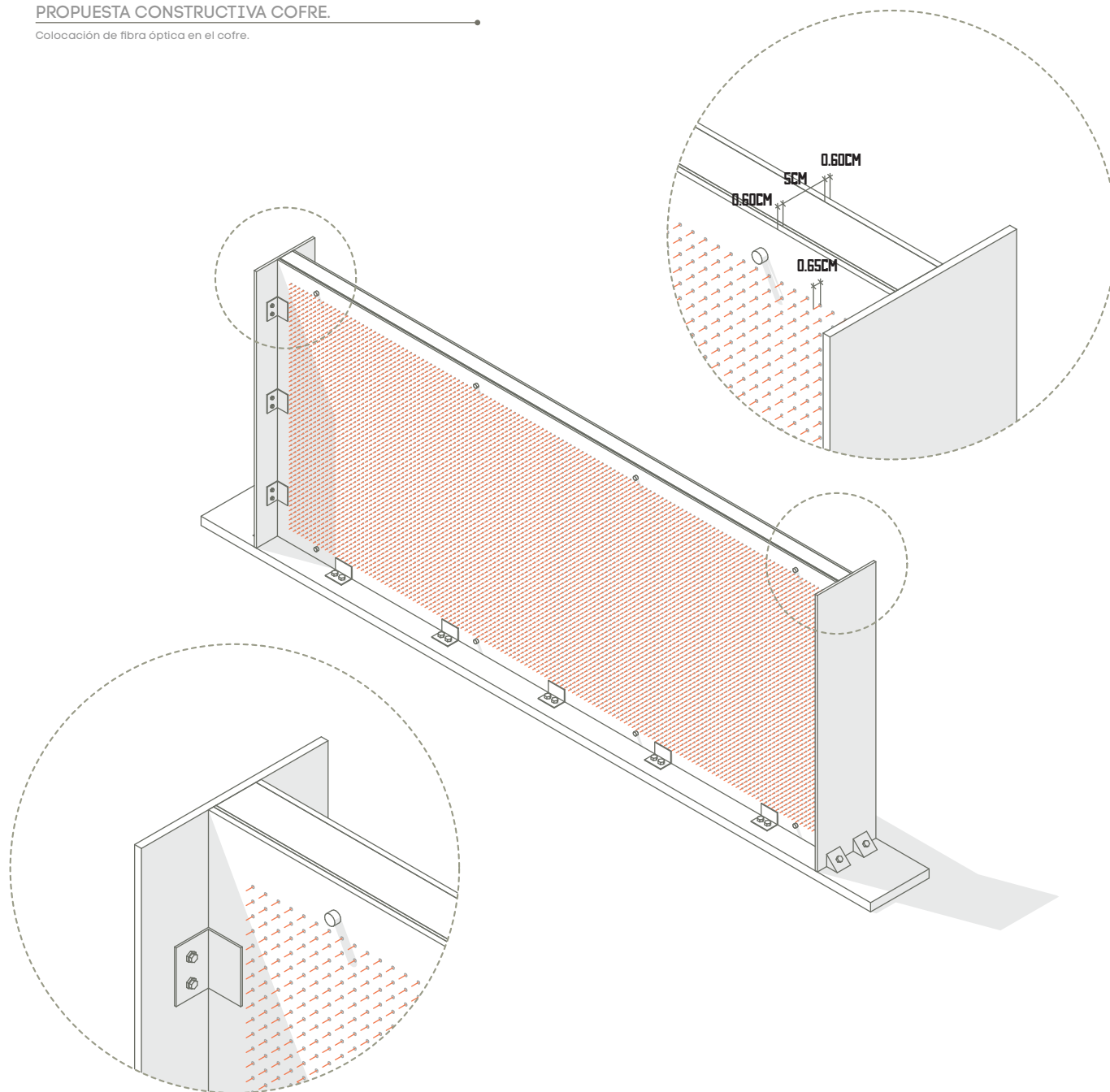
El Panel MF a pesar de no ser estructural y de soportarse en una estructura ajena al prefabricado, cuenta con refuerzo interior, es decir, se coloca malla electrosoldada, sobre todo para evitar fisuras por contracciones.

El módulo tiene en una de las caras, fundidos, ganchos J, amarrados a la malla y sobresaliendo del panel una rosca para su soporte con la estructura del panelado. A cada uno de los lados del módulo se acoplará un ángulo metálico, el cual sirve para unir módulo con módulo. Estos ángulos se sueldan entre sí formando un anclaje en T.



PROPUESTA CONSTRUCTIVA COFRE.

Colocación de fibra óptica en el cofre.



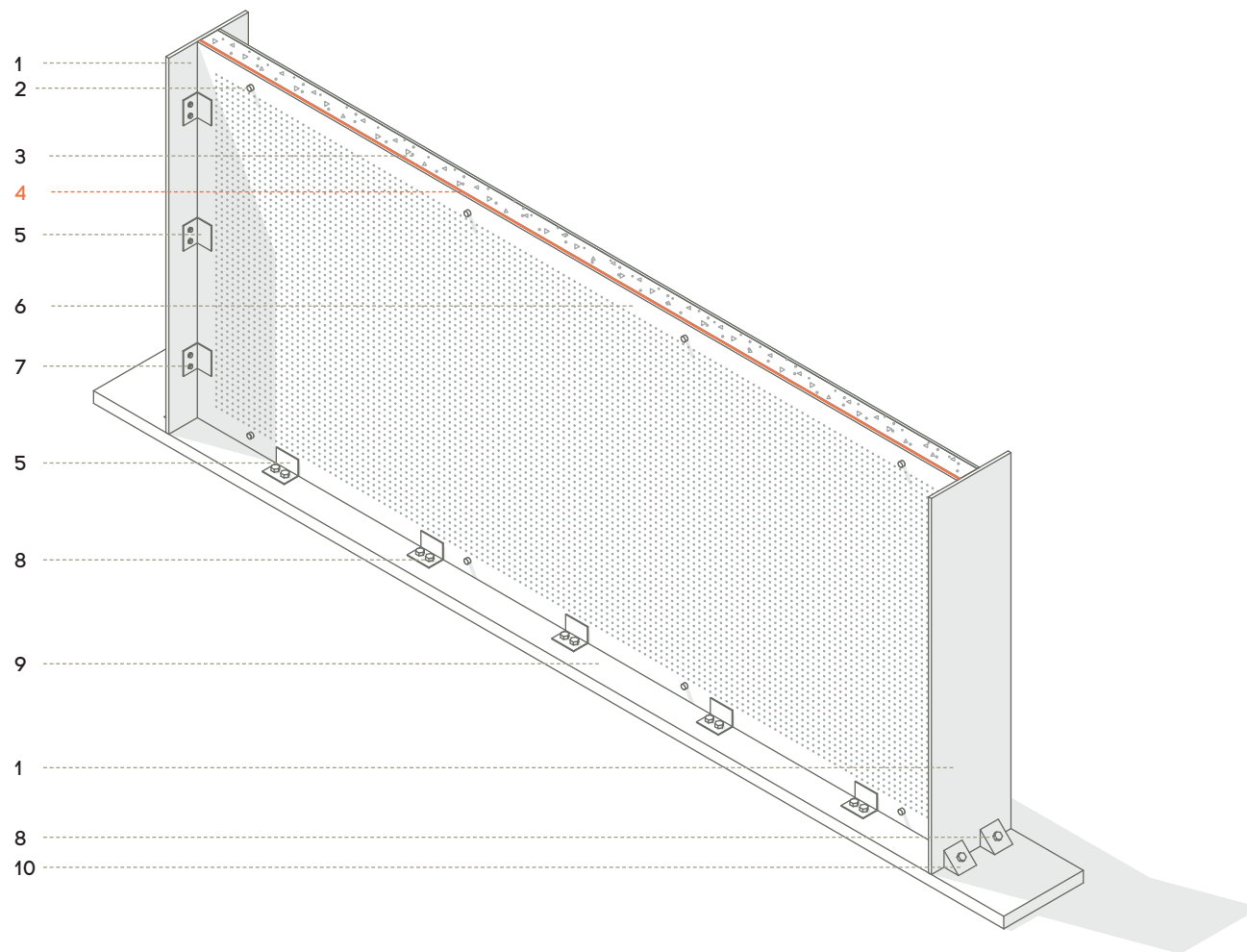
La colocación de la fibra óptica en el encofrado es un trabajo manual que requiere de dos personas, una a cada lado del cofre. Esto debido a la manera planteada para colocar la fibra.

Se propone cortar la fibra con una dimensión mayor a la suma del espesor del panel más el espesor de las planchas metálicas, en este caso son dos planchas de $e=0.6\text{cm}$ y el panel $e=5\text{cm}$, por lo tanto, la fibra debería ser de 7.5cm de largo, de esta manera cuando la fibra se coloca en cada orificio, queda un sobrante de 0.65cm a cada lado.

Para el desencofrado primero se retira los tornillos de las piezas de madera, luego los pernos colocados hacia la base del cofre y los laterales. De esta manera se evita dañar las aristas del panel. Por último se corta la fibra que sobresale de la superficie del prefabricado.

COFRE

Materialidad y elementos que conforman el cofre.

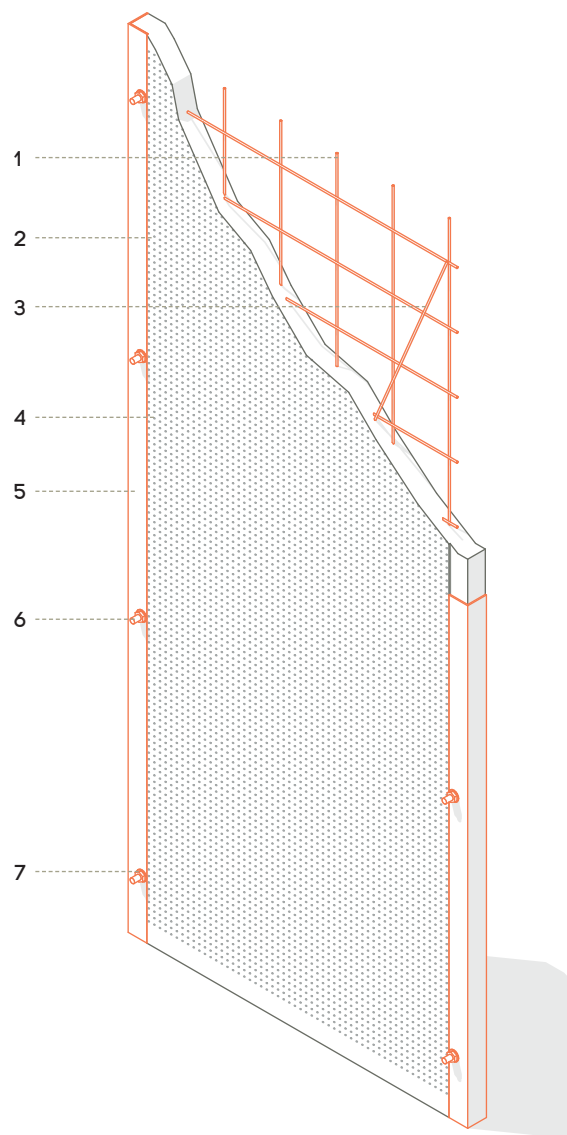


3.2.2 ELEMENTOS Y MATERIALIDAD - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Tabla de madera de 22cm x 90cm de espesor de 1cm.
2. Gancho J de $\varnothing=12\text{mm}$ amarrado a la malla y fundida en el módulo.
3. Módulo de mortero de alta resistencia $f'm = 243 \text{ kg/cm}^2$.
4. Cartón de 210cm x 5cm de espesor de 3mm pegado a la placa metálica para destaje en los laterales del Módulo MF.
5. Perfil estructural ángulo de 400mm x 400mm de espesor de 2mm para soporte de cofre.
6. Plancha laminada en frío de 210cm x 90cm, espesor de 6mm con orificios para colocación de la fibra óptica.
7. Tornillo para madera de 1" 1/2 pulgadas
8. Tornillo para madera de 2 pulgadas
9. Tabla de madera de 22cm x 250cm de espesor de 4cm.
10. Pieza de madera de 4cm x 5cm cortadas en triángulo rectángulo prismático.

MÓDULO

Materialidad y elementos que conforman el módulo.



1. Malla electrosoldada R64 - 3.5x15 para reforzamiento de módulo.
2. Panel MF de $f'm = 243 \text{ kg/cm}^2$. (Resistencia del diseño del mortero que mas se aproxima a los 210 kg/cm^2 de un concreto estructural)
3. Diagonales de acero $\varnothing=12\text{mm}$ para refuerzo del módulo.
4. Fibra óptica plástica de 3mm de diámetro.
5. Ángulo metálico de 5cm x 5cm de espesor de 3mm
6. Gancho J de $\varnothing=12\text{mm}$ amarrado a la malla y fundido en el módulo.
7. Tuerca con arandela y caucho para anclaje de Panel MF y ángulos metálicos.

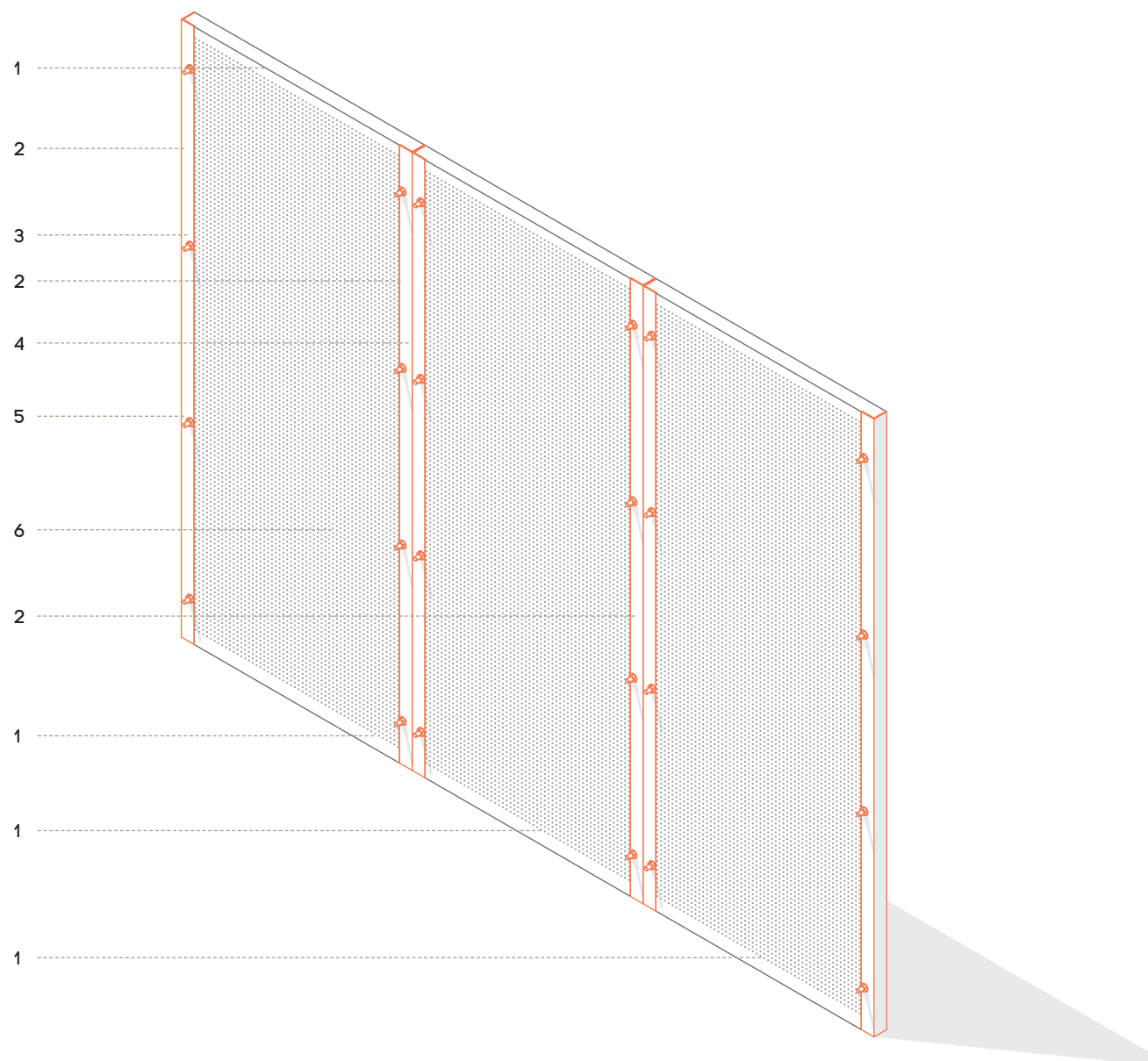
Figura 45



Figura 4a

MÓDULO

Unión entre módulos con perfiles estructurales ángulos.

3.2.3 DETALLES -
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Módulo de mortero de alta resistencia $f'm = 243 \text{ kg/cm}^2$.
2. Ángulo metálico de $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ de espesor de 3mm
3. Tuerca con arandela y caucho para soporte del Módulo prefabricado con el perfil estructural ángulo.
4. Suelta continua con electrodo para unión entre módulos.
5. Gancho J de $\varnothing=12\text{mm}$ amarrado en la malla y fundida en el módulo.
6. Fibra óptica plástica de 3mm de diámetro.



Figura 47

3.3

EXPERIMENTACIÓN DEL MÓDULO MF

3.3.1 DESCRIPCIÓN

El módulo que se ha definido realizar como muestra del funcionamiento entre el mortero y la fibra óptica es de 90x45x0.3cm. (Figura 47)

Debido a los diferentes diámetros de la fibra óptica, se realizó dos paneles para comparar el efecto de translucidez producida por fibras de 1,5mm y 3mm de diámetro. Se utilizaron herramientas tales como: taladros, un destornillador, un alicate, maquinaria mecánica de carpintería, una amoladora, una concretera y una pulidora. Conlleva mucho tiempo construir un panel de mortero con fibra óptica de modo artesanal debido a la disposición racional de colocar las fibras.

El módulo a pesar de que no es estructural ya que requiere de una estructura adicional para su soporte, cuenta con refuerzo interior, es decir, se coloca malla electrosoldada para que resista su propio peso. De esta manera se evita posibles rupturas del módulo debido a sus dimensiones.

El diseño de mortero está tomado de la investigación "Relaciones agua/cemento en diseño de vértices extremos aplicado a morteros" optando por una resistencia de 243Kg/cm² para cumplir con la resistencia que detalla la Norma NTE INEN 2 518 para morteros de alta resistencia que debe ser 175.35 kg/cm²C y para superar los 21Mpa de un hormigón estructural.

El acabado del panel fue pulido para dar brillo y dejar las caras completamente lisas, ya que la fibra óptica al ser cortada se volvió punzante.

En el módulo experimental se ha prescindido de el refuerzo en diagonal ya que las dimensiones del panel de experimento son menores, igualmente se prescindió de los ganchos J. Se dio especial importancia al diseño del mortero con adición de pigmento negro, al funcionamiento del cofre y por último al trabajo conjunto de la fibra con el mortero para que se produzca el efecto de translucidez.



Figura 48



Figura 49

3.3.2 MATERIALIDAD DEL COFRE

El molde para el experimento sigue el mismo diseño del cofre del panel de 2.10x0.9x0.03m con diferencia solamente en la materialidad. En el caso del panel de prueba los materiales del cofre son de menor calidad y no reutilizables. El listado es el siguiente:

- Tableros de MDF espesor 9mm (Figura 50)
- Adhesivo plástico transparente (Figura 48)
- Tablas de madera de eucalipto espesor 10mm (Figura 49)
- Tiras de madera de eucalipto (Figura 49)
- Tornillos de una pulgada y media.

Se planteó utilizar MDF de 9mm de espesor para las caras amplias del panel, se pegó el adhesivo y se le realizó los agujeros por los cuales se cruzaría la fibra óptica. Para las otras caras del cofre se utilizó tablas de madera de eucalipto.

Para las uniones de las diferentes partes del cofre se



usó tiras de madera cortadas en forma de triángulo rectángulo prismático, unidas mediante tornillos. De esta manera al momento de desencofrar simplemente retiramos los tornillos, para que las diferentes partes del cofre sean retiradas sin dañar las aristas y esquinas del panel.

Figura 50



Figura 51

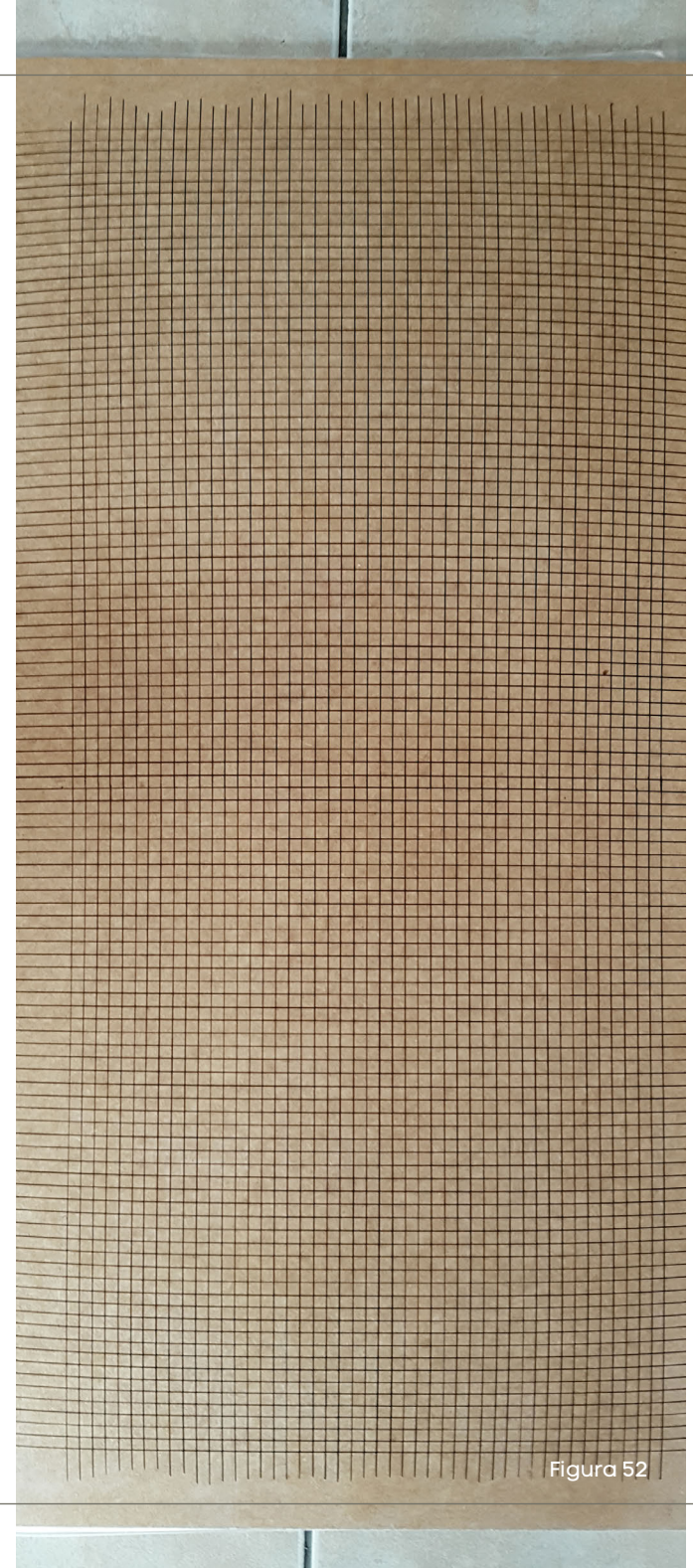


Figura 52



Figura 53

3.3.3 CONSTRUCCIÓN DEL COFRE

Para armar el cofre primero fue necesario colocar plástico adhesivo a los tableros con el objetivo de impermeabilizarlos. Después, mediante líneas dibujadas en el adhesivo (Figura 52) indicamos los puntos para realizar los agujeros en los tableros de MDF (Se taladró desde la cara impermeabilizada con el adhesivo para evitar que este se desprenda o dañe). Se realizó 1456 y 5029 agujeros por tablero, para los paneles con fibra óptica de 3mm y 1.5mm de diámetro respectivamente, esta cantidad resulta de la separación entre fibras, en el caso de la de 3mm se separan 15mm y en la de 1.5mm se separan 7.5mm.

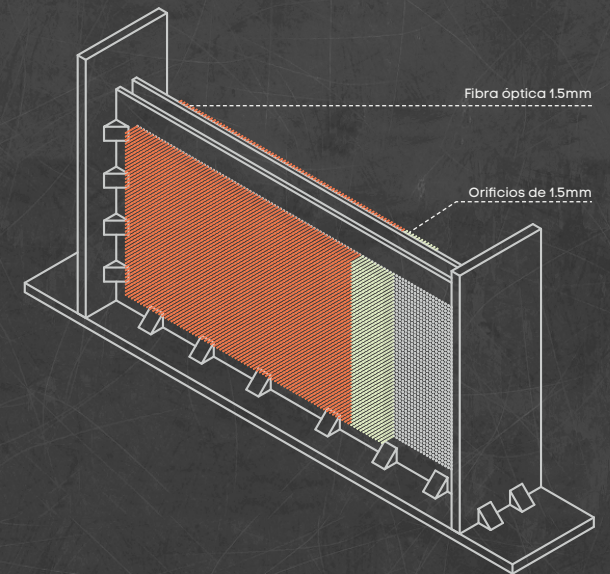
Posteriormente se cortó una tira de madera de encofrado para unir mediante estos, las partes del cofre, sin tener que atornillar directamente una a otra. Una vez listas las piezas del cofre, se armó empezando por colocar los triángulos prismáticos en las tablas, a las cuales anteriormente se las aserró y lijo (Figura 51 y 53). En la tabla base se dibujó dos líneas guías separadas 30mm, después se



Figura 54

Cofre del panel de prueba.

Fibra óptica de 1.5mm



Cofre del panel de prueba.

Fibra óptica de 3mm

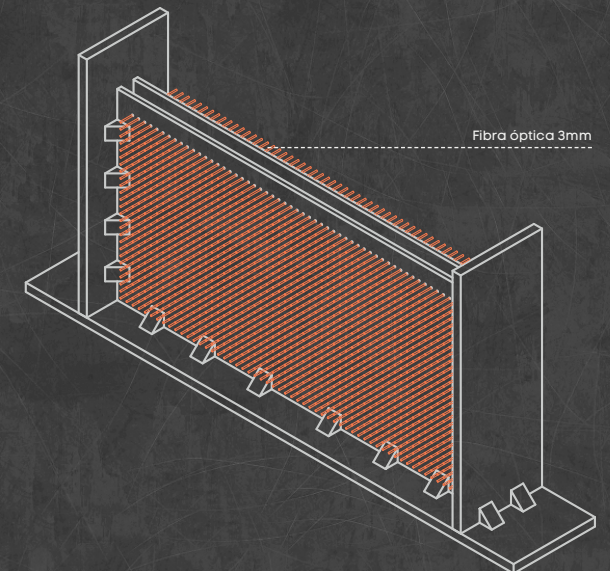




Figura 55

colocó y atornilló un tablero de MDF, luego las tablas laterales y por último el otro tablero.

El último paso fue colocar la fibra óptica (Figura 54) en los orificios del cofre (Figura 55) cortándola en piezas de 6cm de largo, de tal manera que estas sobresalgan y se sostengan al momento de colocar el mortero. La fibra de 1.5mm de espesor no fue suficiente para cubrir todos los agujeros realizados en el cofre, en su lugar se decidió dejar solamente los orificios mediante cable plástico engrasado con el objetivo de luego de fundido el módulo retirarlos y verificar si la luz es capaz de pasar por ellos, así como lo hace con la fibra.

El panel fue diseñado con mortero de alta resistencia debido al elevado número de piezas de fibra óptica, además al tener poca separación, el reducido espacio entre fibras no permite pasar hormigón fresco y menos distribuirla por todo el cofre.



Figura 56

3.3.4 MATERIALIDAD DEL PANEL

Los materiales a usarse para desarrollar el Panel HF son (Figura 56):

- Cemento · Agua · Arena · Aditivo plastificante
- Pigmento en polvo negro (Figura 58) · Fibra óptica (colocada en el cofre) · Malla electrosoldada R64 (Figura 57)

Para la dosificación se utilizó la investigación del arquitecto Edison Castillo analizada anteriormente, en la cual por medio de proporciones basadas en constantes (Tabla 1) obtenemos las cantidades de cemento, agua y arena. A esta mezcla le agregamos el 4% del peso del cemento en pigmento en polvo negro para colorearla. Se eligió el experimento 6, es decir, 243.77 Kg/cm^2 (Tabla 1) para llegar a una resistencia semejante a la del concreto estructural, la cual es 210 Kg/cm^2 .

Las cantidades de cada material se obtuvo mediante la Tabla 1, es decir, para un volumen de $58,68 \text{ kg}$, equivalente a los dos paneles incluido desperdicio, tenemos: cemento= $20,53 \text{ kg}$, arena= $26,40 \text{ kg}$, agua= $11,73 \text{ kg}$, aditivo= $0,102 \text{ kg}$



Figura 57



Figura 58

y pigmento= 0,821kg. Estos valores se deben pesar y proceder a realizar la mezcla adecuada del mortero de alta resistencia.

Experimento	x1	x2	x3	x1/x2	y4 (Kg/cm2)	y5 test flujo (%)
7	0,18	0,6	0,22	0,3	473,35	45,15
24	0,21	0,7	0,09	0,3	399,39	55,25
8	0,16	0,4	0,44	0,4	438,9	58,73
9	0,2	0,5	0,3	0,4	440,17	119,28
3	0,24	0,6	0,16	0,4	411,6	148,4
31	0,28	0,7	0,02	0,4	416,92	149
10	0,15	0,3	0,55	0,5	306,67	42,7
11	0,2	0,4	0,4	0,5	287,73	143,5
6	0,2	0,35	0,45	0,59	243,77	155
12	0,18	0,3	0,52	0,6	217,77	150
45	0,14	0,2	0,66	0,77	150,03	28,08
5	0,15	0,21	0,64	0,71	124,97	44,93
4	0,16	0,2	0,64	0,8	106,1	78,6
13	0,18	0,2	0,62	0,9	75,67	150,5

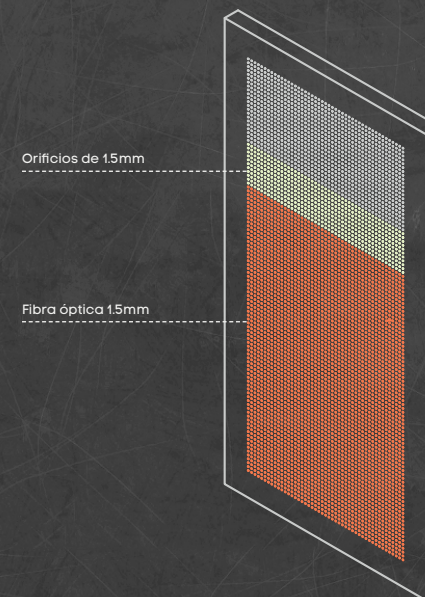
Tabla 1: Relaciones agua/cemento en diseño de vértices extremos aplicado a morteros.

x1=Agua, x2=Cemento, x3=Árido fino, y4= Resistencia compresión 28 días.



Módulo de mortero con fibra óptica de 1.5mm

Fibra óptica cada 0.75cm

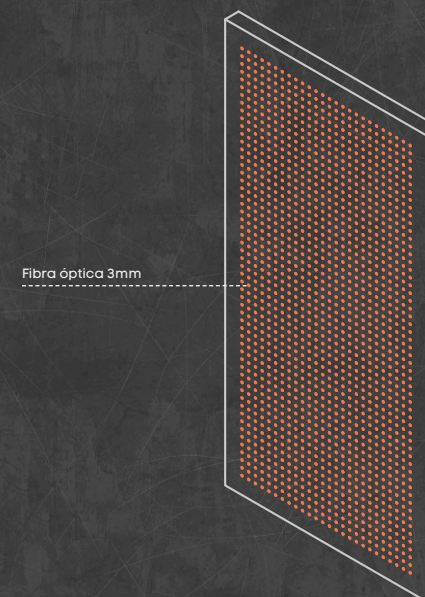


Orificios de 1.5mm

Fibra óptica 1.5mm

Módulo de mortero con fibra óptica de 3mm

Fibra óptica cada 1.5cm



Fibra óptica 3mm



Figura 60

3.3.5 CONSTRUCCIÓN DEL PANEL

Una vez terminado el cofre, se realizó la dosificación para el mortero de alta resistencia escogiendo $243\text{kg}/\text{cm}^2$. También se reforzó con una malla electrosoldada R64 - 3.5×15 . Se le adicionó el aditivo BV 40 en un 0.5% del peso del cemento y el 4% del peso del cemento en pigmento en polvo. La idea de hacer un panel de coloración oscura es la de contrastar ya que debido al diseño del panel, este tendrá numerosos puntos de luz gracias a la fibra.

Lo primero en realizarse después de dosificado los materiales fue pesarlos ya que la dosificación fue en kilogramos. Ya pesado el agua, cemento, arena, pigmento y aditivo se procedió a la mezcla en concretera (Figura 59), posteriormente se fue colocando en los cofres hasta llenarlos y se vibró con una varilla lisa entre cada fila de las fibras (Figura 60). Cabe mencionar que debido al diseño del cofre fue complicado colocar en él, el mortero de alta resistencia, ya que los 30mm de espesor del panel eran todo el espacio que se tenía para verter la mezcla.



Figura 61

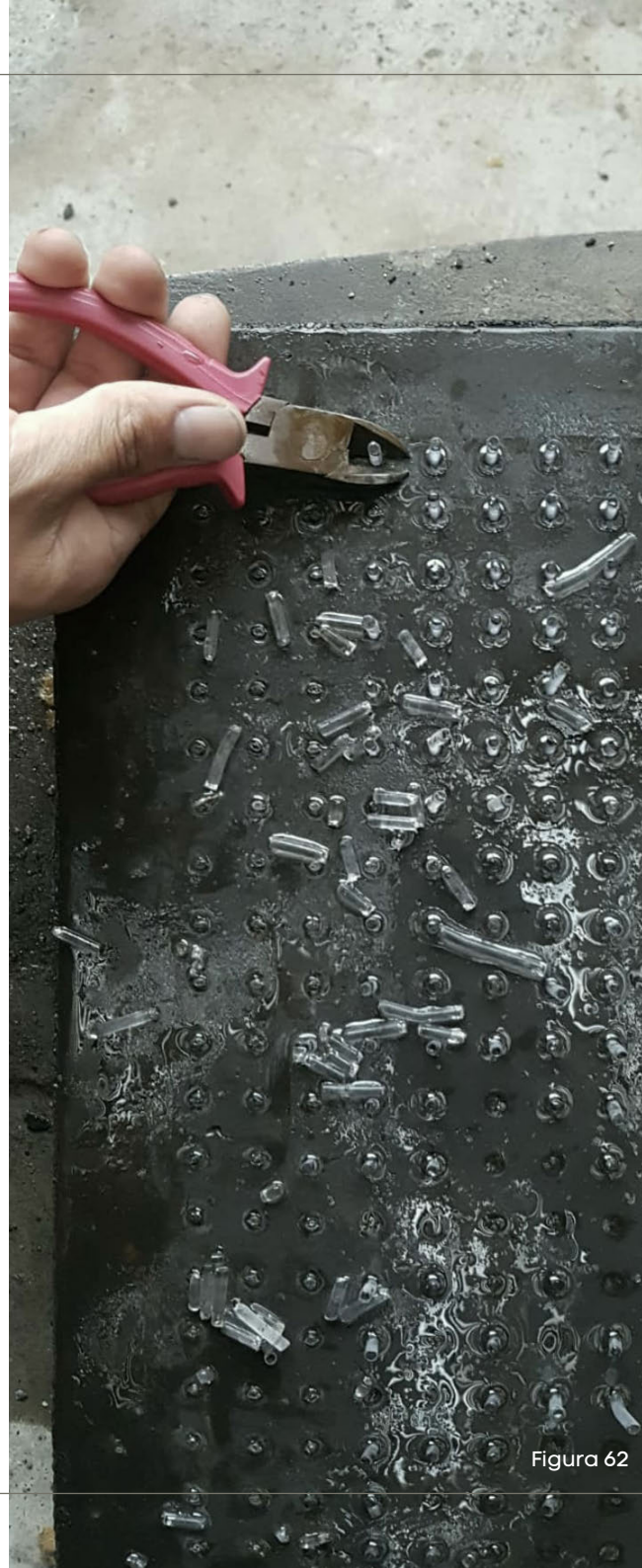


Figura 62

3.3.6 DESENCOFRADO Y ACABADO

Después de veinticuatro horas se procedió al desencofrado (Figura 61). Primero se retiró las tablas, empezando por los laterales del cofre y después por la tabla base. Los tableros de MDF al estar perforados y atravesados por la fibra óptica, estaban sujetos con presión por las mismas y fueron más difícil de retirar. El panel con 1456 fibras de 3mm fue sencillo de desencofrar ya que estas sujetaban con poca fuerza a los tableros, en el caso del panel con 5029 fibras fue lo contrario, el tablero estaba prácticamente amarrado por las fibras, y para poder retirarlos se tuvo que desencofrar por pedazos.

Una vez retiradas todas las piezas del cofre se dejó a los paneles sumergidos en agua para su curado. Pasados siete días el siguiente paso fue cortar las piezas sobresalientes de fibra óptica, buscando dejar las superficies del panel totalmente lisas. Al cortar las fibras (Figura 62) estas quedaron con las puntas rasposas dándole al panel una superficie que podría producir heridas a quien lo



Figura 63

manipulase.

Con el pulido del Panel MF (Figura 63) se logró dejar las superficies libres de imperfecciones además de darle un mejor acabado, además al momento de la fundición algunas fibras se movieron de su posición, es decir se salieron de su respectivo agujero por lo que un extremo de la fibra quedo fundida dentro del mortero perdiéndose así el traspaso de luz desde un lado del panel al otro en ese punto. Esto se pudo solucionar en cierta medida puliendo, ya que se consiguió llegar hasta la punta perdida de la fibra.



Figura 64



Figura 65

3.3.7 ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

El diseño de mortero planteado para usarse en la fabricación del Panel o Módulo MF es el experimento 6 de la investigación “Relaciones agua/cemento en diseño de vértices extremos aplicado a morteros”. De esta manera se pudo reducir tiempos de investigación y se propuso solamente realizar ensayos de resistencia a la compresión para comprobar lo que se especifica en la Tabla 1.

Una vez culminada la fundición del panel, se usó la misma mezcla de mortero para realizar seis cubos de 5x5x5cm (Figura 64) es decir 750cm³ colocándolos en moldes metálicos engrasados. Este volumen fue considerado al momento de dosificar el panel. La colocación de la mezcla en el molde se realizó en 3 partes o capas hasta llenar la probeta, en cada capa se realizó 25 golpes en el mortero con la varilla lisa para una buena compactación. A las 24 horas de haber dejado fraguar los morteros, se los retiró de las probetas y se los introdujo en agua para curarlos. A los 14 días de curado de los morteros se obtuvo



Figura 66



Figura 67

una resistencia a la compresión por medio de una prensa (Figura 65 y 66). El mismo procedimiento se realizó a los 28 días (Figura 67) con la finalidad de poder comparar las resistencias obtenidas, y estas a su vez con las resistencias del experimento 6. A continuación, los resultados:

14 DÍAS					
MORTERO	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	PROFUNDIDAD (CM)	CARGA APLICADA (KGF)	RESISTENCIA (KG/CM2)
M1	5	5	5	5889.9	235.5
M2	5	5	5	5603.5	224.1
M3	5	5	5	5876.1	235
PROMEDIO DE RESISTENCIA					231.5

28 DÍAS					
MORTERO	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	PROFUNDIDAD (CM)	CARGA APLICADA (KGF)	RESISTENCIA (KG/CM2)
M4	5	5	5	6854	274
M5	5	5	5	6356	254
M6	5	5	5	5888	235.4
PROMEDIO DE RESISTENCIA					254.5

La resistencia promedio a los 28 días obtenida es mayor debido al uso de aditivo en la mezcla, y por lo tanto son superiores a los que la Norma NTE INEN 2 518 para morteros de alta resistencia específica, e incluso supera la resistencia mínima del concreto estructural, los 21Mpa.

CONCLUSIONES

La materialidad y las dimensiones de la fibra óptica han permitido su adherencia con el mortero de alta resistencia, y su propiedad de transmisión de luz tanto natural como artificial no se ha visto afectada por el mismo. Su trabajo en conjunto ha sido el esperado y gracias a los numerosos puntos de luz generados por las fibras se logró el efecto de translucidez en el panel. El refuerzo colocado en el panel ha sido el suficiente para sus dimensiones y peso final, incluso no fue necesario el refuerzo en diagonal planteado para el panel de 210x90x5cm el cual, al tener dichas dimensiones podría fracturarse en el punto central de la cara de 210x90cm.

Los resultados de translucidez en los módulos con fibra óptica de 1.5mm y 3mm (Figura 55) varía poco, siendo el de 1.5mm el que mayor efecto de translucidez aporta al mortero por tener las fibras en separaciones de 0.75cm.

Figura 68



3.5

RECOMENDACIONES

Después de terminado todo el proceso de experimentación y construcción del Panel MF, fueron evidentes las mejoras que se podrían hacer en su construcción.

- Realizar los agujeros en los tableros de MDF en los mismos puntos, si es posible ambos tableros perforarlos juntos para que los orificios coincidan con más precisión ya que por ahí pasa la fibra óptica. De esta manera se colocaría con mayor facilidad las fibras en el cofre.
- Es recomendable apuntalar el cofre o reforzar su armado ya que durante el proceso de fundición, al no fijar la fibra óptica, la mezcla de mortero en estado plástico empujará los tableros de MDF y lo abrirá ocasionando así que las fibras se muevan de su lugar y queden fundidas dentro del mortero.

- Es necesario buscar un mejor sistema de sujeción de la fibra en el cofre para evitar movimientos de los mismos, los cuales a su vez pueden ayudar a reforzar los tableros MDF y evitar que se abra en el momento de colocar la mezcla.

- Se debe mejorar el diseño del cofre para el panel con fibra óptica de 1.5mm ya que el número de fibras y la separación entre ellas sujeta a los tableros por los agujeros con mucha presión dificultándose así el desencofrado mediante herramientas simples como martillo y cincel.

- Experimentar con un material diferente al mortero de alta resistencia, uno que disminuya el peso final del panel. El panel de 90x45x3cm realizado en la experimentación es manejable por una sola persona, pero para su montaje necesitaría de dos personas.

REFERENCIAS DE IMÁGENES

Figura43: León, D. Serrano, O. (2018), Colocación de la fibra óptica plástica de 3mm de diámetro en el cofre diseñado para el experimento [Fotografía].

Figura44: León, D. Serrano, O. (2018), Diseño de cofre armado y terminado con fibra óptica de 3mm de diámetro [Fotografía].

Figura45: León, D. Serrano, O. (2018), Módulo de mortero con fibra óptica de 3mm y pigmentado en color negro [Fotografía].

Figura46: León, D. Serrano, O. (2018), Estado final del módulo de mortero con fibra óptica plástica de 1.5mm [Fotografía].

Figura47: León, D. Serrano, O. (2018), Estado final del módulo de mortero con fibra óptica plástica de 3mm [Fotografía].

Figura48: León, D. Serrano, O. (2018), Plástico adhesivo transparente para cubrir e impermeabilizar la cara interior de los tableros de MDF [Fotografía].

Figura49: León, D. Serrano, O. (2018), Tablas de madera de eucalipto y tiras de madera para realizar los cofres [Fotografía].

Figura50: León, D. Serrano, O. (2018), Tableros de MDF de 90cm x 45cm para realizar los cofres [Fotografía].

Figura51: León, D. Serrano, O. (2018), Aserrado de las tablas de encofrado reducir imperfecciones en la superficie de las mismas [Fotografía].

Figura52: León, D. Serrano, O. (2018), Trazado de líneas para realizar agujeros en los tableros de MDF [Fotografía].

Figura53: León, D. Serrano, O. (2018), Lijado de tablas de encofrado posterior a su aserrado para reducir imperfecciones en la superficie de las mismas [Fotografía].

Figura54: León, D. Serrano, O. (2018), Fibra Óptica Plástica de espesor de 3mm [Fotografía].

Figura55: León, D. Serrano, O. (2018), Colocación de la fibra óptica plástica de 3mm de diámetro en el cofre diseñado para el experimento [Fotografía].

Figura56: León, D. Serrano, O. (2018), Materiales necesarios para la mezcla del módulo propuesto: arena, cemento, aditivo plastificante BV40 y fibra óptica [Fotografía].

Figura57: León, D. Serrano, O. (2018), Malla electrosoldada

R64 3.5x15 para refuerzo del panel [Fotografía].

Figura458: León, D. Serrano, O. (2018), Pigmento color negro en polvo utilizado en la mezcla [Fotografía].

Figura59: León, D. Serrano, O. (2018), Momento del mezclado en concretera de los materiales necesarios para el panel [Fotografía].

Figura60: León, D. Serrano, O. (2018), Colocación del mortero en el cofre y vibrado del mismo mediante varilla lisa [Fotografía].

Figura61: León, D. Serrano, O. (2018), Desencofrado del módulo de fibra óptica de 3mm mediante cincel y martillo [Fotografía].

Figura62: León, D. Serrano, O. (2018), Corte de fibras restantes con alicate [Fotografía].

Figura63: León, D. Serrano, O. (2018), Pulido de las caras del panel mediante pulidora de agua [Fotografía].

Figura64: León, D. Serrano, O. (2018), Morteros de 5x5x5cm [Fotografía].

Figura65: León, D. Serrano, O. (2018), Prensa para romper y

ensayar la compresión de un mortero [Fotografía].

Figura66: León, D. Serrano, O. (2018), Mortero rompiéndose a una carga de 6356Kgf

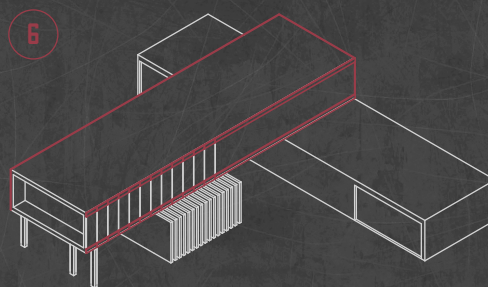
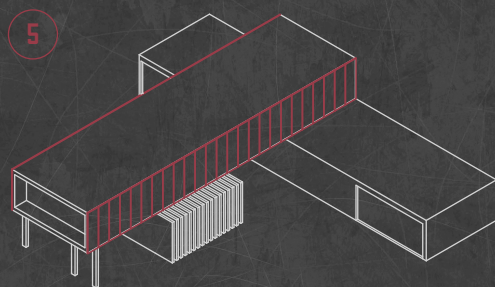
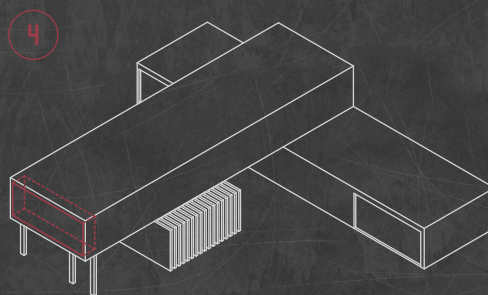
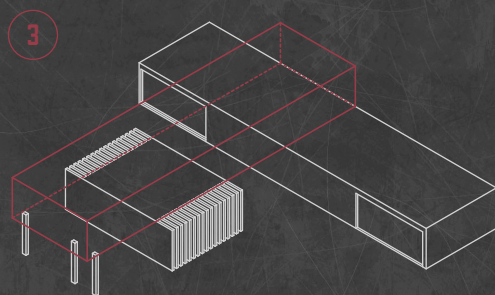
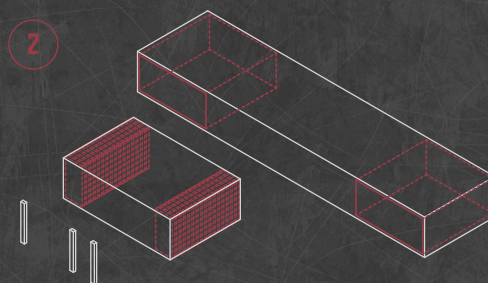
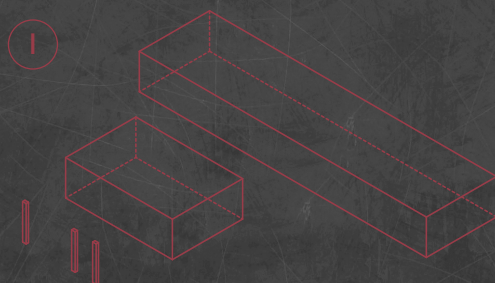
Figura67:

Figura68: León, D. Serrano, O. (2018), Acabado final de los paneles de mortero con fibra óptica de 1.5mm y 3mm respectivamente [Fotografía].

CUARTO

CAPÍTULO 4

ANTEPROYECTO DE VIVIENDA APLICANDO EL MÓDULO PREFABRICADO
PROPUESTO - VIVIENDA MF



4.1

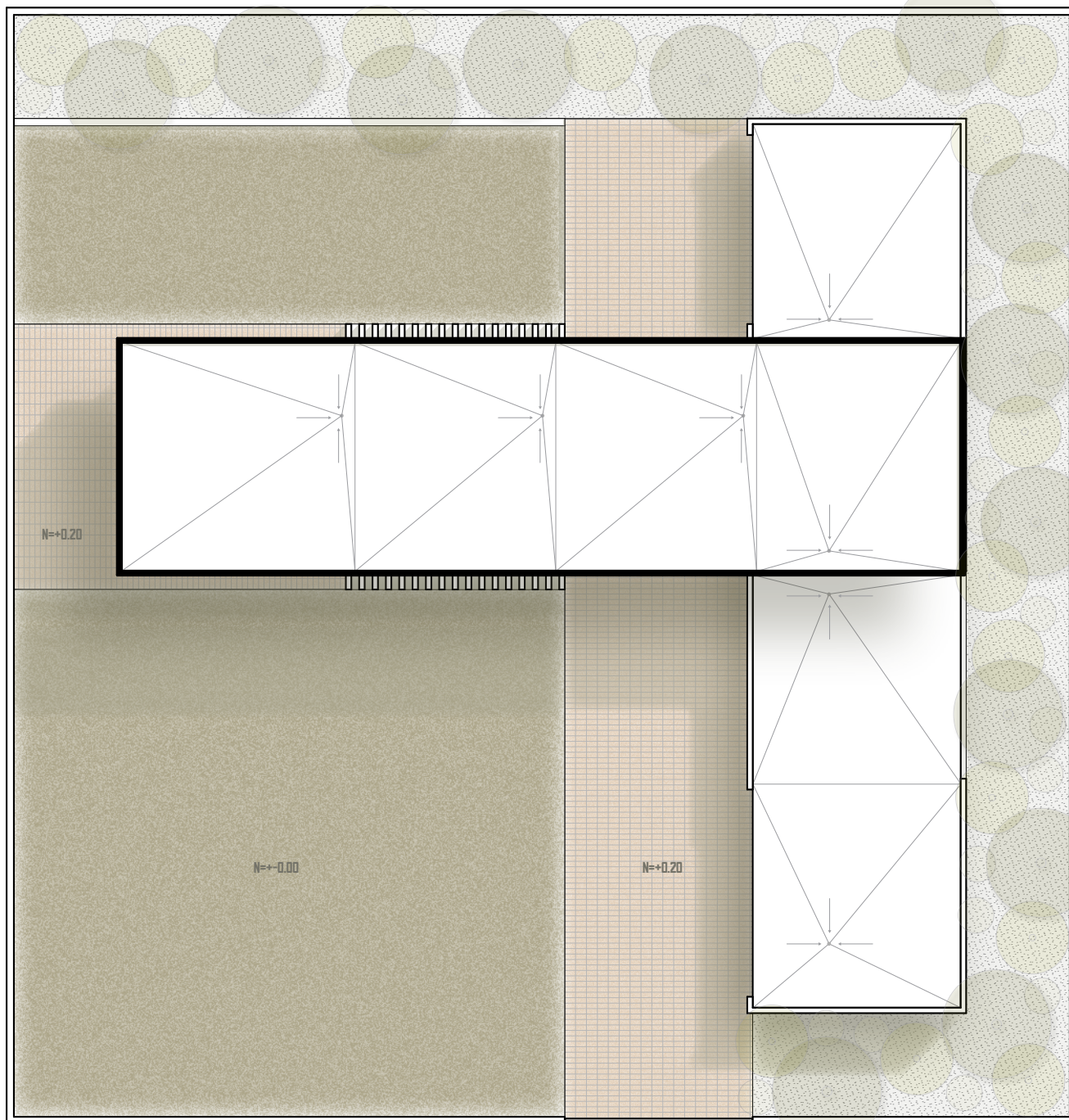
ANTEPROYECTO ARQUITECTÓNICO

4.1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente anteproyecto consiste en una vivienda unifamiliar aislada, la cual tiene como objetivo hacer uso del módulo de mortero de alta resistencia y fibra óptica detallado en el capítulo 3. El planteamiento inicial consiste en tres cuerpos prismáticos que conformen espacios habitables, y cada uno con una funcionalidad, siendo los volúmenes de planta baja zona social, de servicio y descanso. El volumen de planta alta cumple la función de zona privada y descanso. La manera de colocar los sólidos y el manejo que se les da, en base a criterios de iluminación y ventilación, genera la morfología del proyecto. A esto se le suma la fragmentación de los volúmenes dado por el módulo de mortero y fibra óptica de 2.10x0.90m.

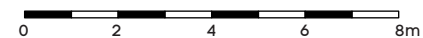


Figura 69



4.2

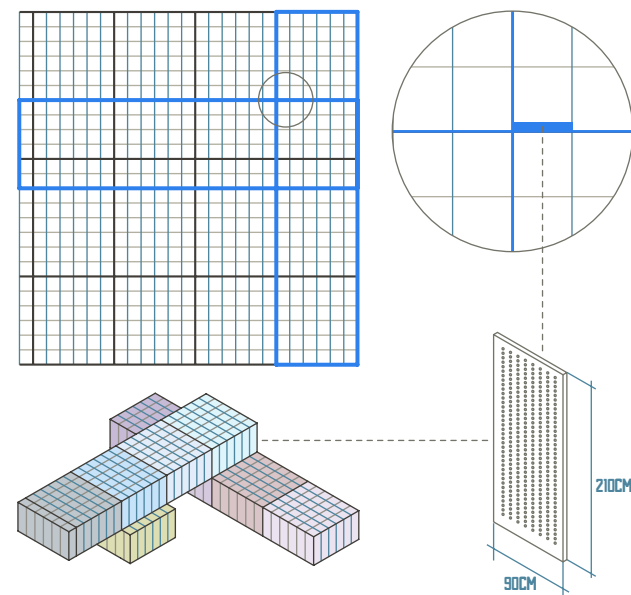
PLANTAS ARQUITECTÓNICAS

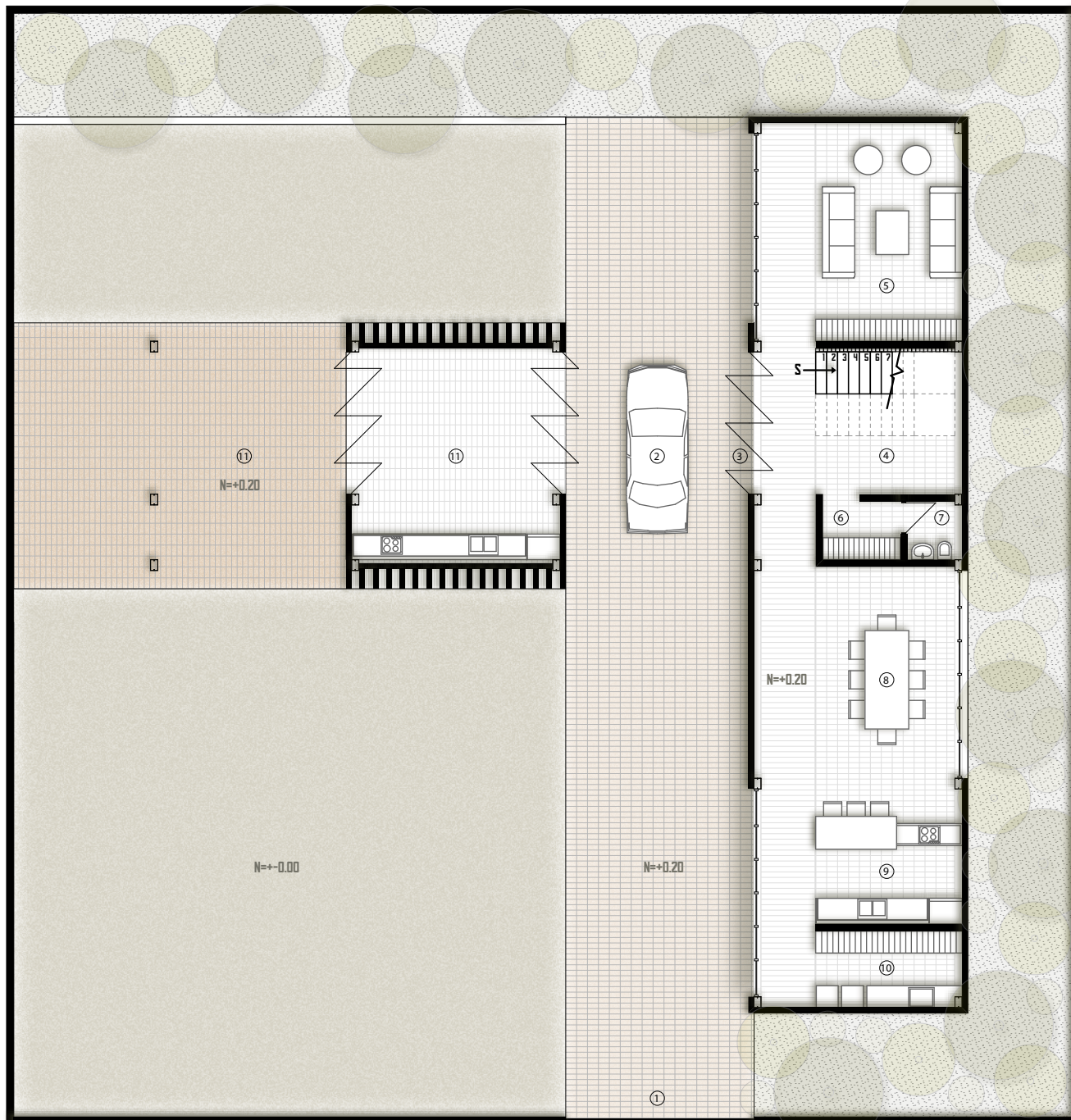


4.2.1 EMPLAZAMIENTO

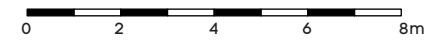
Pendiente del 2%

El proyecto fue modulado de acuerdo al Panel MF el cual divide al volumen de planta baja en 5 zonas de 6.00x5.52m y al volumen de planta alta en 3 zonas de 6.00x5.52m y una de 6.44x6.00m.

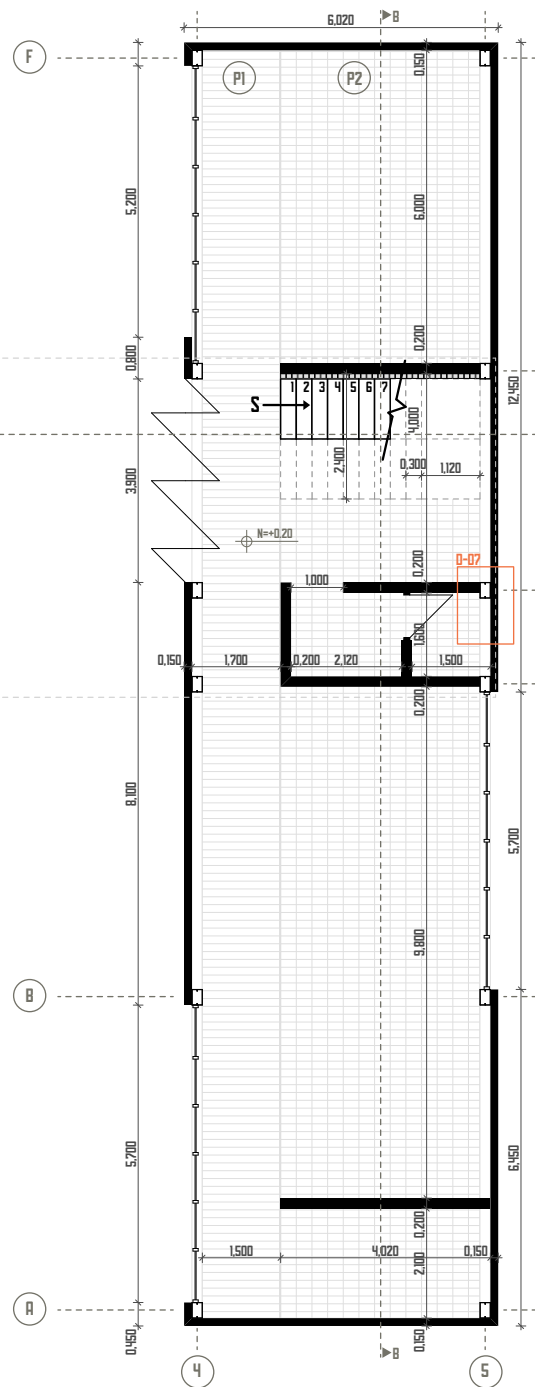




4.2.2 PLANTA BAJA



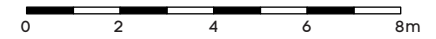
1. Acceso predio
2. Garaje
3. Acceso a vivienda
4. Vestíbulo ingreso - gradas
5. Sala
6. Bodega
7. Baño social
8. Comedor
9. Cocina
10. Lavandería
11. Asadero - comedor



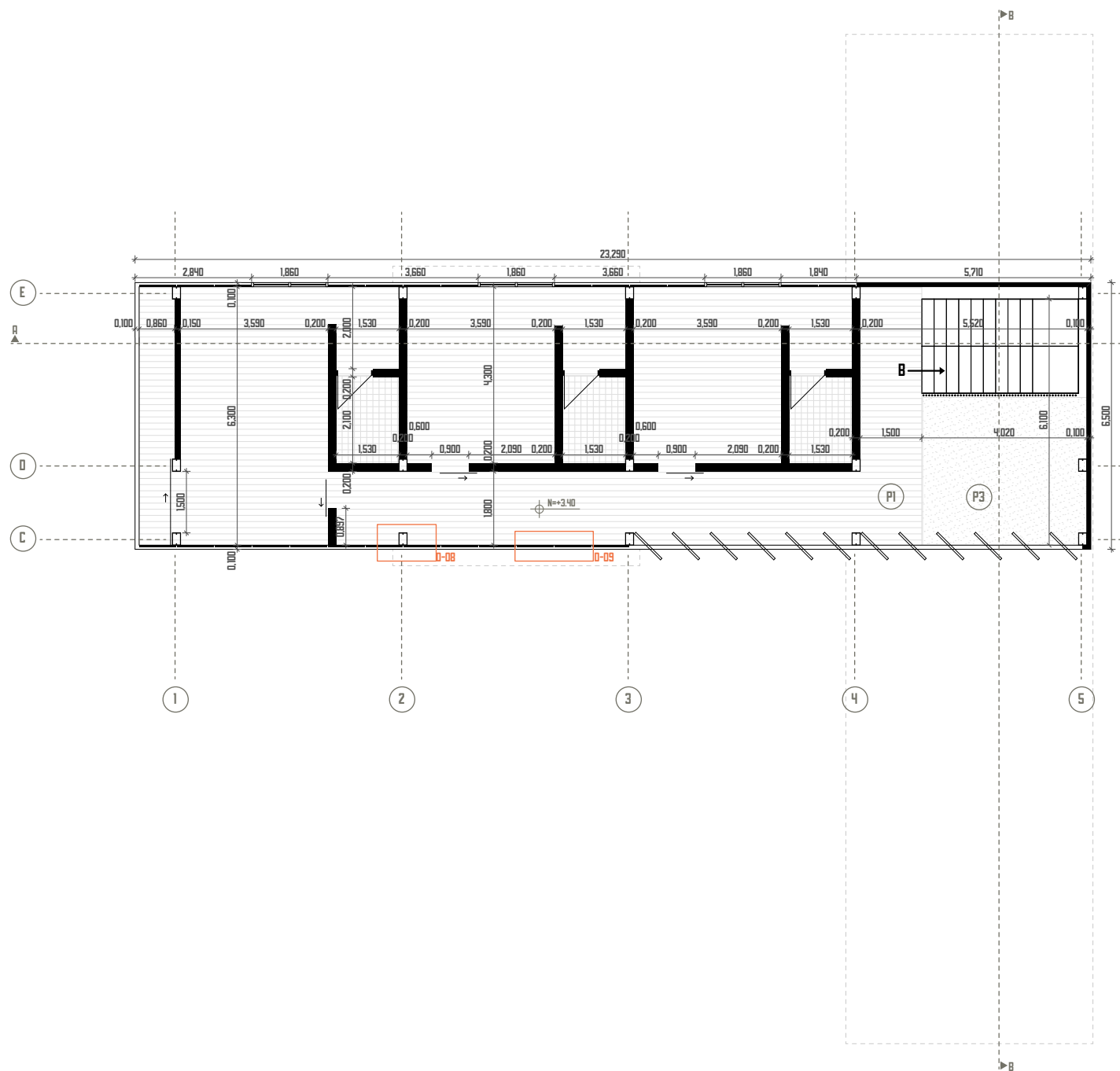
P1 = Piso de ingeniería de playwood
P2 = Piso de ladrillo



4.2.3 PLANTA ALTA



1. Sala de estar
2. Dormitorio hijo
3. Walking closet hijo
4. Baño hijo
5. Dormitorio hija
6. Walking closet hija
7. Baño hija
8. Dormitorio padres
9. Walking closet padres
10. Baño padres
11. Balcón



PLANTA ALTA



P1 = Piso de ingeniería de plywood
 P3 = Alfombra

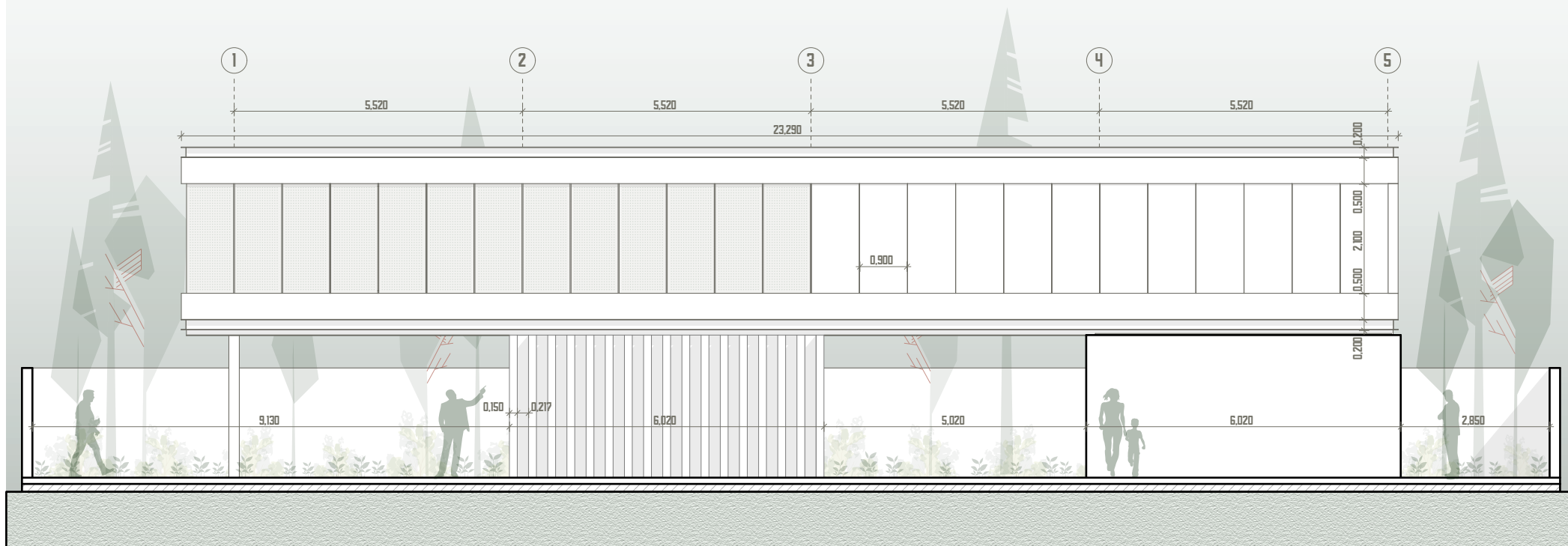


Figura 70

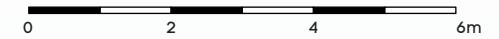
4.3

ELEVACIONES Y SECCIONES

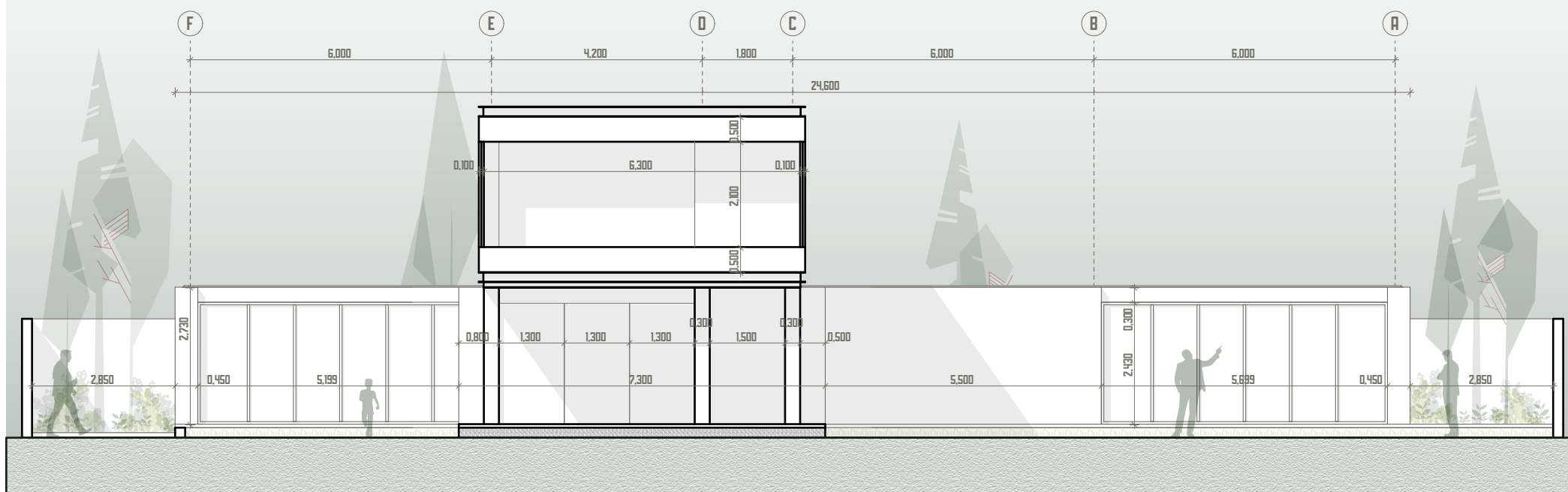
4.3.1 FACHADA FRONTAL



4.3.2 FACHADA POSTERIOR



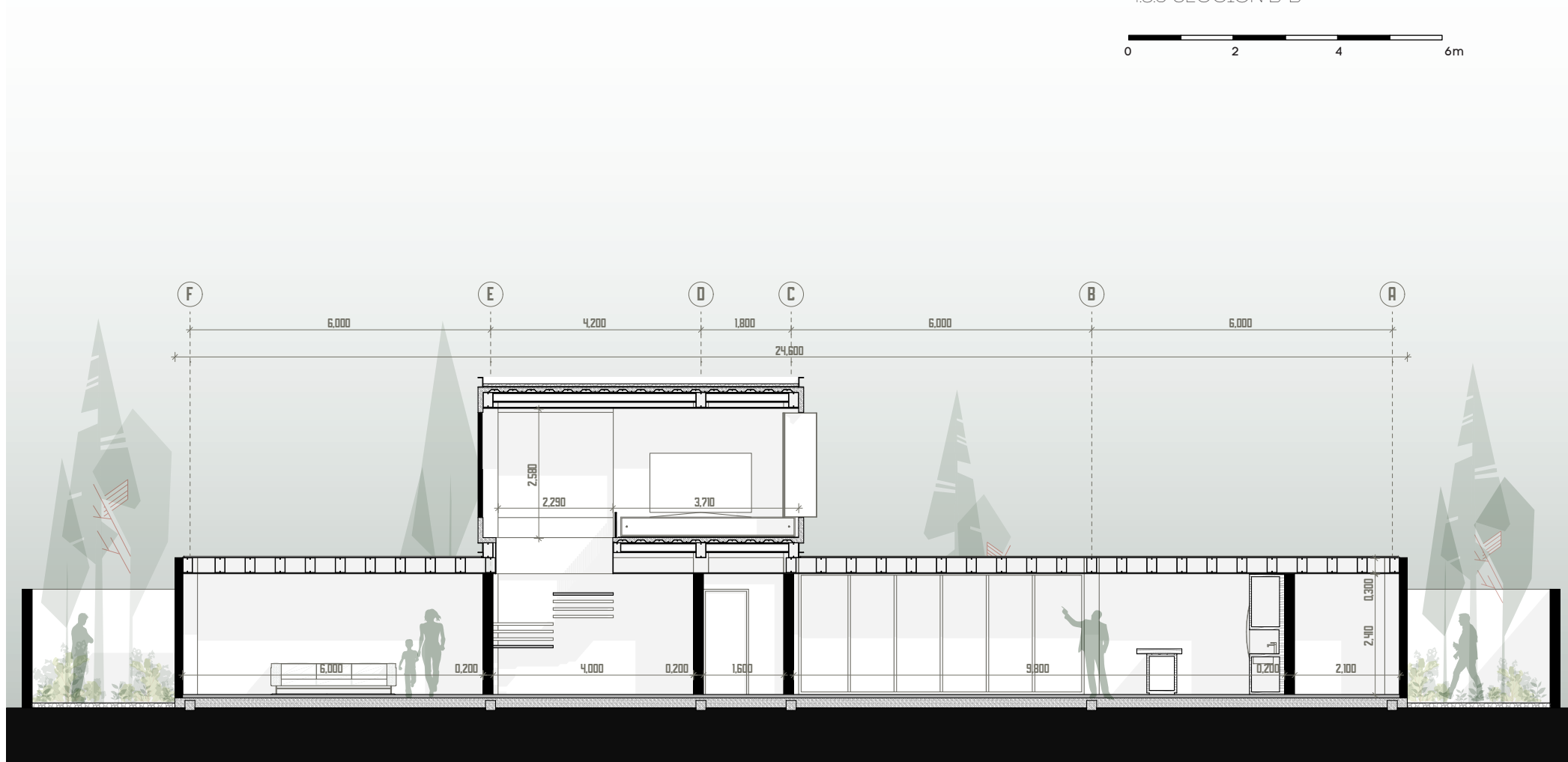
4.3.3 FACHADA LATERAL IZQUIERDA



4.3.4 SECCIÓN A-A

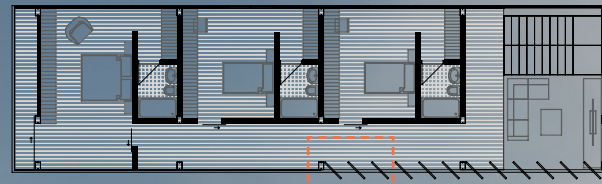


4.3.5 SECCIÓN B-B





SC-01



SC-01

LOSA CUBIERTA

Losa de cubierta en estructura metálica y hormigón. Dintel de hormigón colgante a través de losa. Remate mediante perfil metálico c.

0-01

PANEL MF

Panel de mortero con fibra óptica y traslucido como cierre en zonas de circulación en planta alta y en dormitorios.

LOSA ENTREPISO

Losa de entrepiso en estructura metálica y hormigón. Antepecho de hormigón como continuación de la losa. Perfil metálico c perimetral.

0-02

PARED LADRILLO MACIZO

Pared de ladrillo macizo visto como cierre de planta baja. Aparejo a sogas. Zapatas y anclaje metálico columna-cimiento.

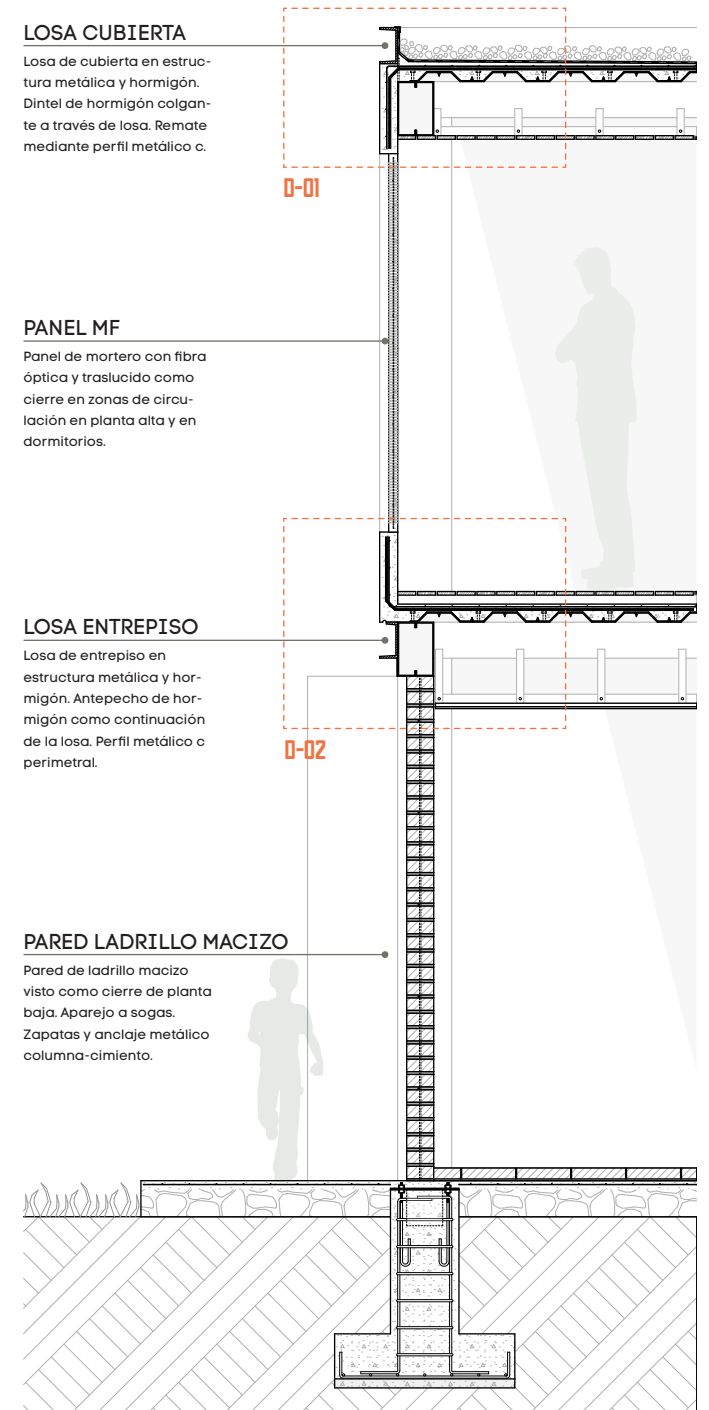
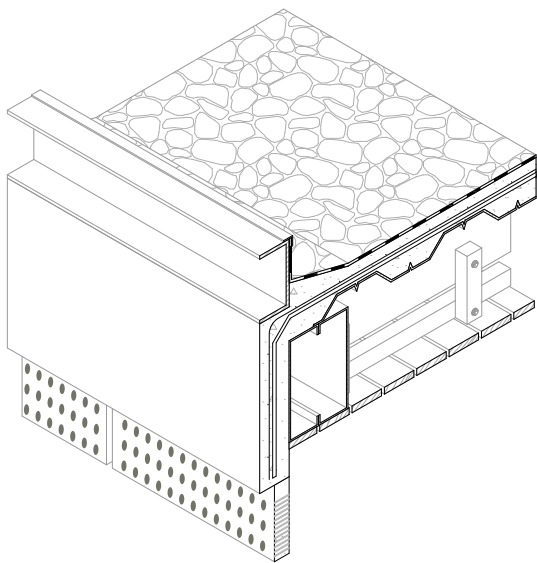


Figura 71

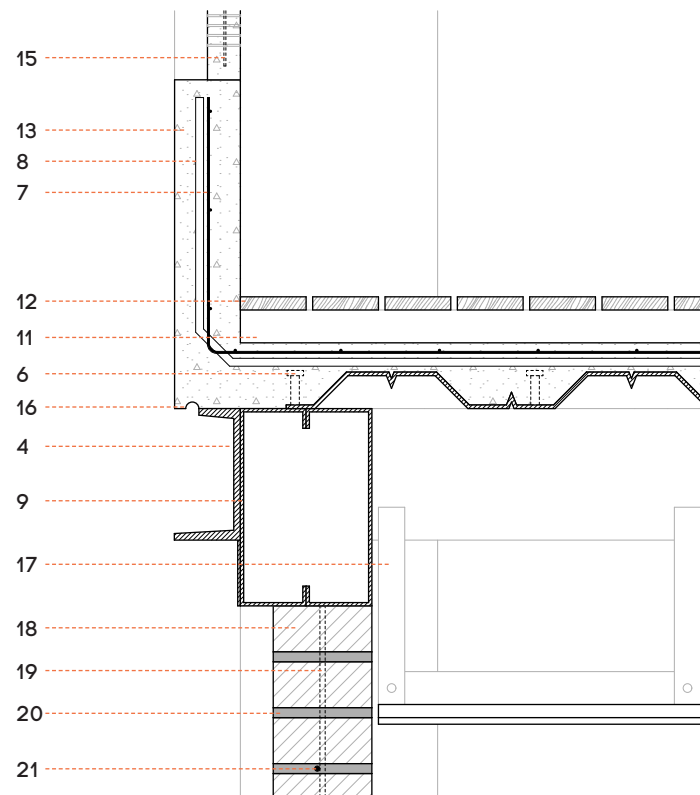
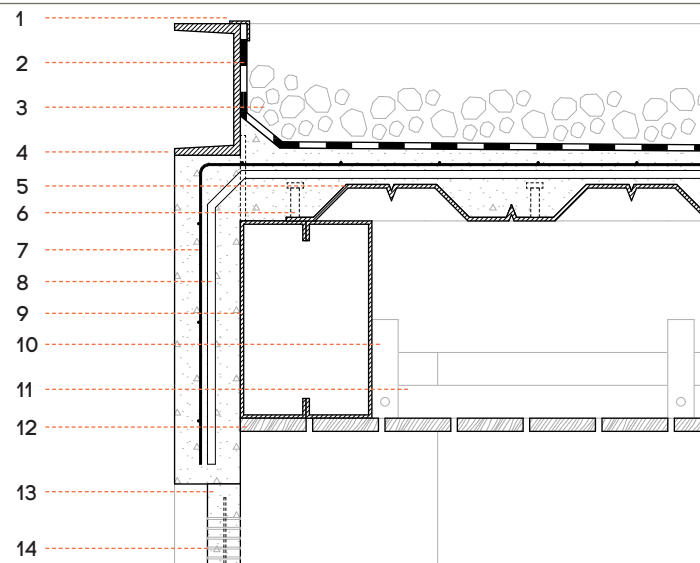
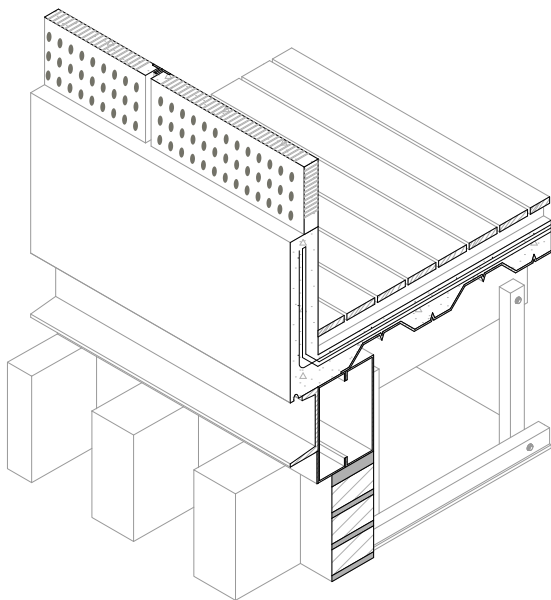
LOSA CUBIERTA D-01

Detalle isométrico



LOSA ENTREPISO D-02

Detalle isométrico



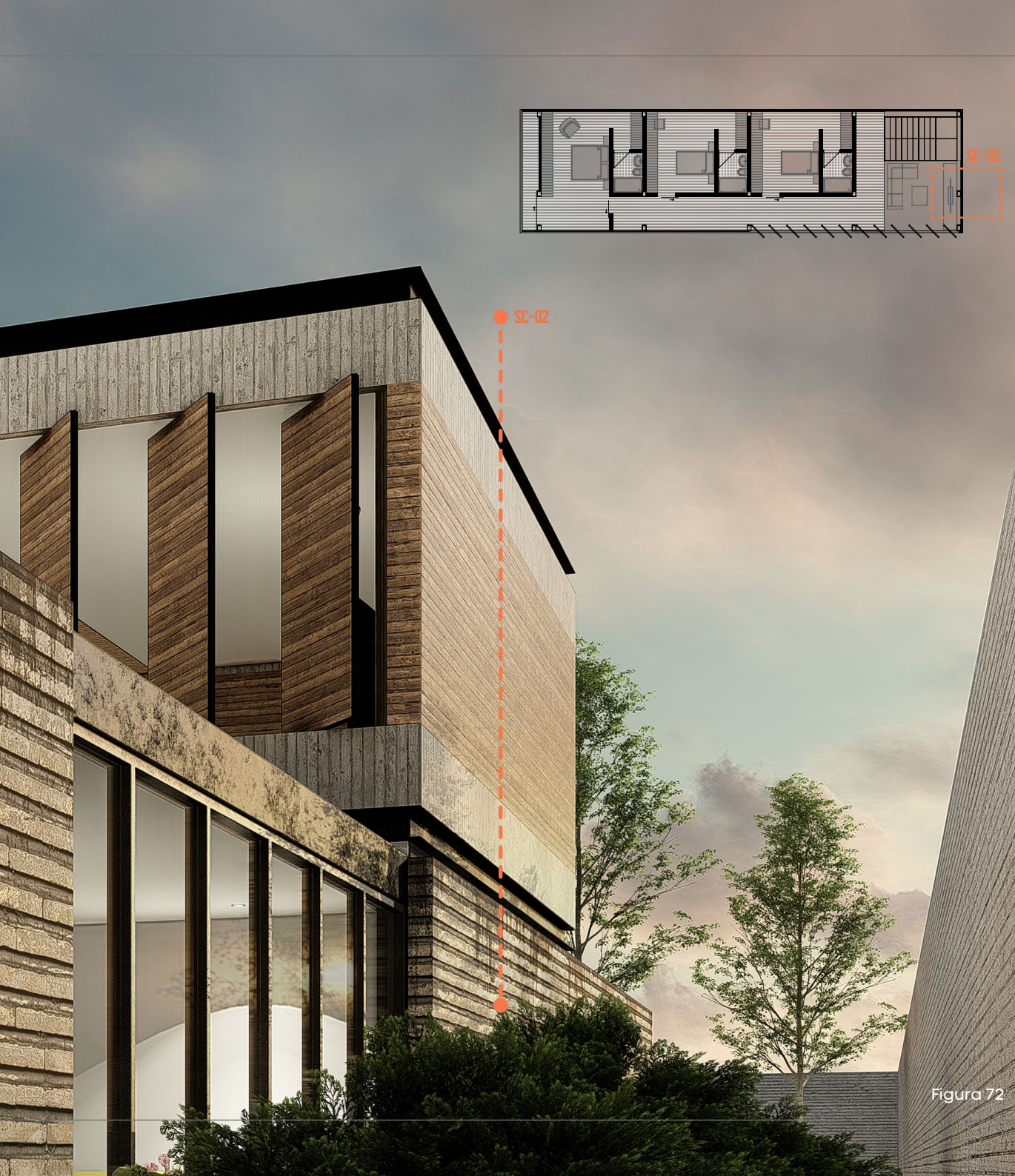
4.4

SECCIONES CONSTRUCTIVAS



4.41 SECCIÓN CONSTRUCTIVA SC-01

1. Ángulo metálico de 30x30mm, espesor 4mm
2. Lámina asfáltica para impermeabilizar losa
3. Gravilla $\Phi 20$ mm para protección de lámina asfáltica
4. Perfil metálico C200x100x10mm soldado a chicote $\Phi 8$ mm fundido en losa
5. Placa colaborante de acero de 6x1m, espesor 0.65mm.
6. Conector de cortante
7. Malla R84 $\Phi 4$ mm y cuadrícula de 150x150mm
8. Varilla corrugada de refuerzo losa - dintel $\Phi 12$ mm
9. Viga 2G 300x100x30x5mm
10. Pletina metálica 100x300mm, espesor 6mm
11. Tira de madera eucalipto 50x40mm
12. Tablas de madera pino 100x3000mm, espesor 20mm
13. Mortero $f'm=243\text{Kg/cm}^2$
14. Fibra óptica plástica $\Phi 3$ mm
15. Malla electrosoldada R64 - 3.5x15 para reforzamiento de módulo.
16. Destaje en el hormigón y corte de perfil C para goterón.
17. Pletina metálica 100x500mm, espesor 6mm
18. Ladrillo macizo 280x130x70mm
19. Varilla corrugada o chicote longitudinal $\Phi 8$ mm
20. Junta de mortero tendel $e=15$ mm
21. Varilla corrugada o chicote trasversal $\Phi 8$ mm



LOSA CUBIERTA

Losa de cubierta en estructura metálica y hormigón. Dintel de hormigón como continuación de losa. Remate mediante perfil metálico c.

TABIQUE DE MADERA TECA

Cierre en tabiquería de madera de teka con tratamiento a poro abierto para una mejor durabilidad de la madera a la intemperie.

LOSA ENTREPISO

Losa de entrepiso en estructura metálica y hormigón. Antepecho de hormigón como continuación de la losa. Góterón en hormigón.

PARED DE LADRILLO MACIZO

Pared de ladrillo macizo visto como cierre de planta baja. Aparejo a sogas. Acabado de piso en adoquines de hormigón.

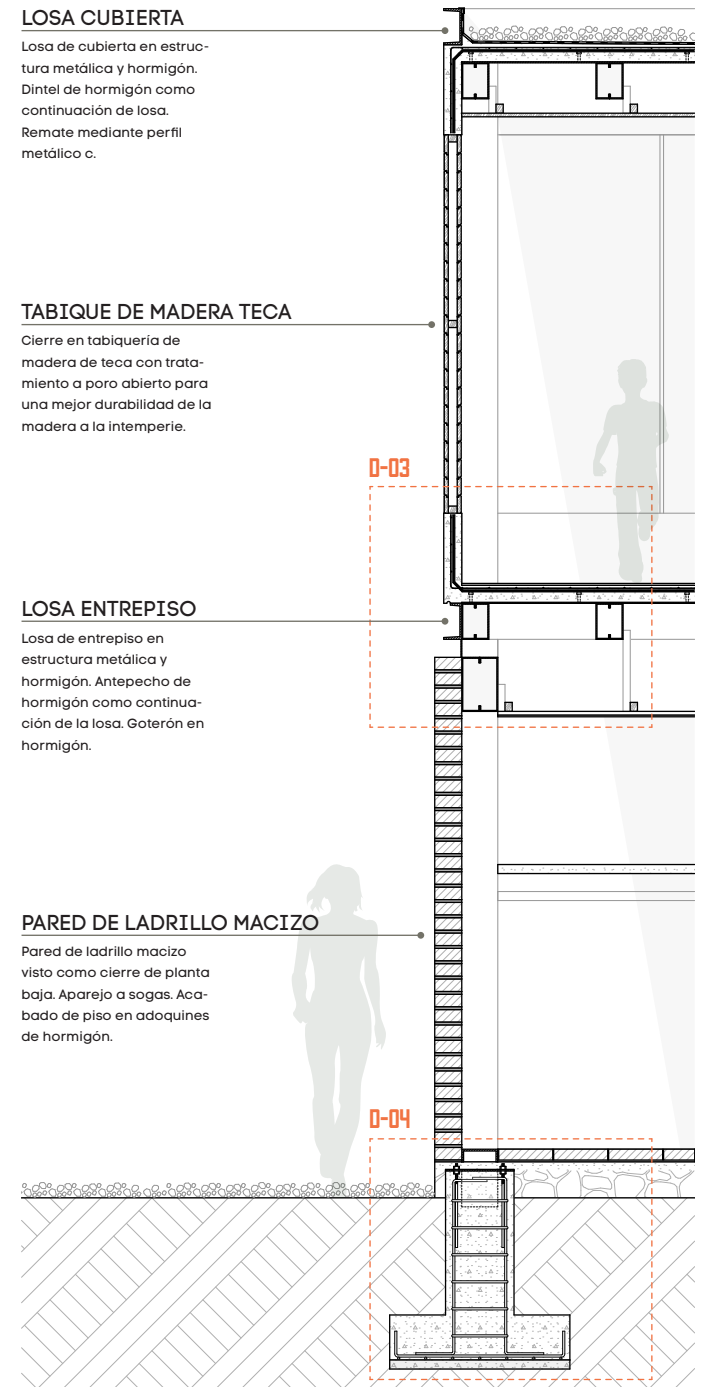
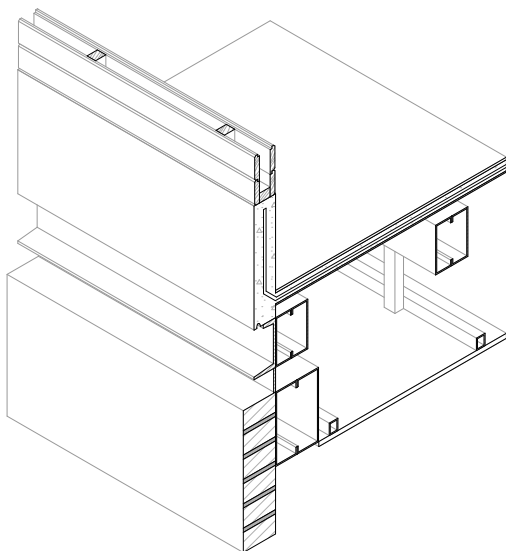


Figura 72

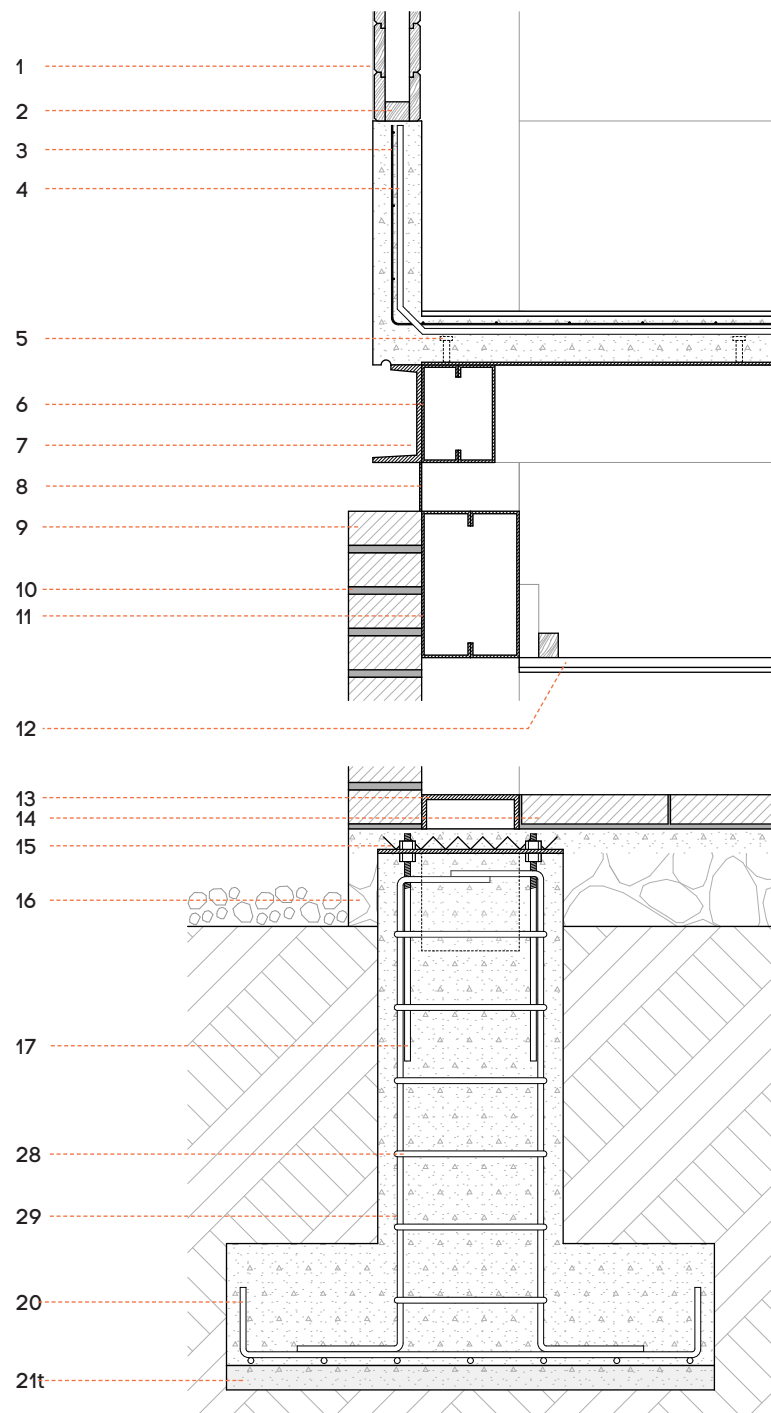
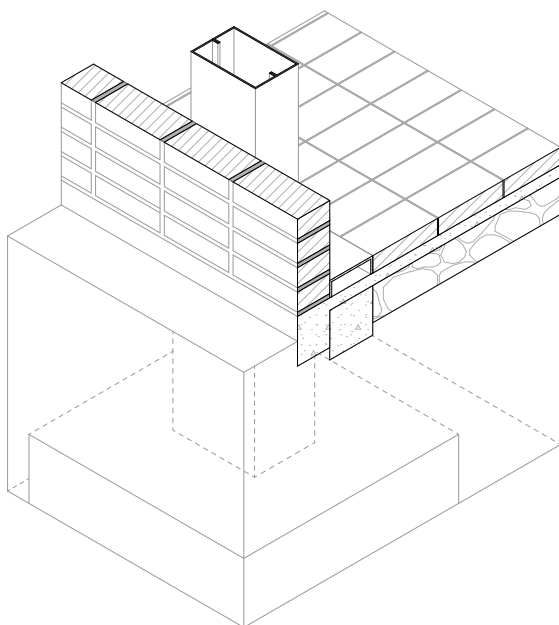
LOSA ENTREPISO D-03

Detalle axonométrico



CIMENTACIÓN Y LOSA DE PISO D-04

Detalle axonométrico



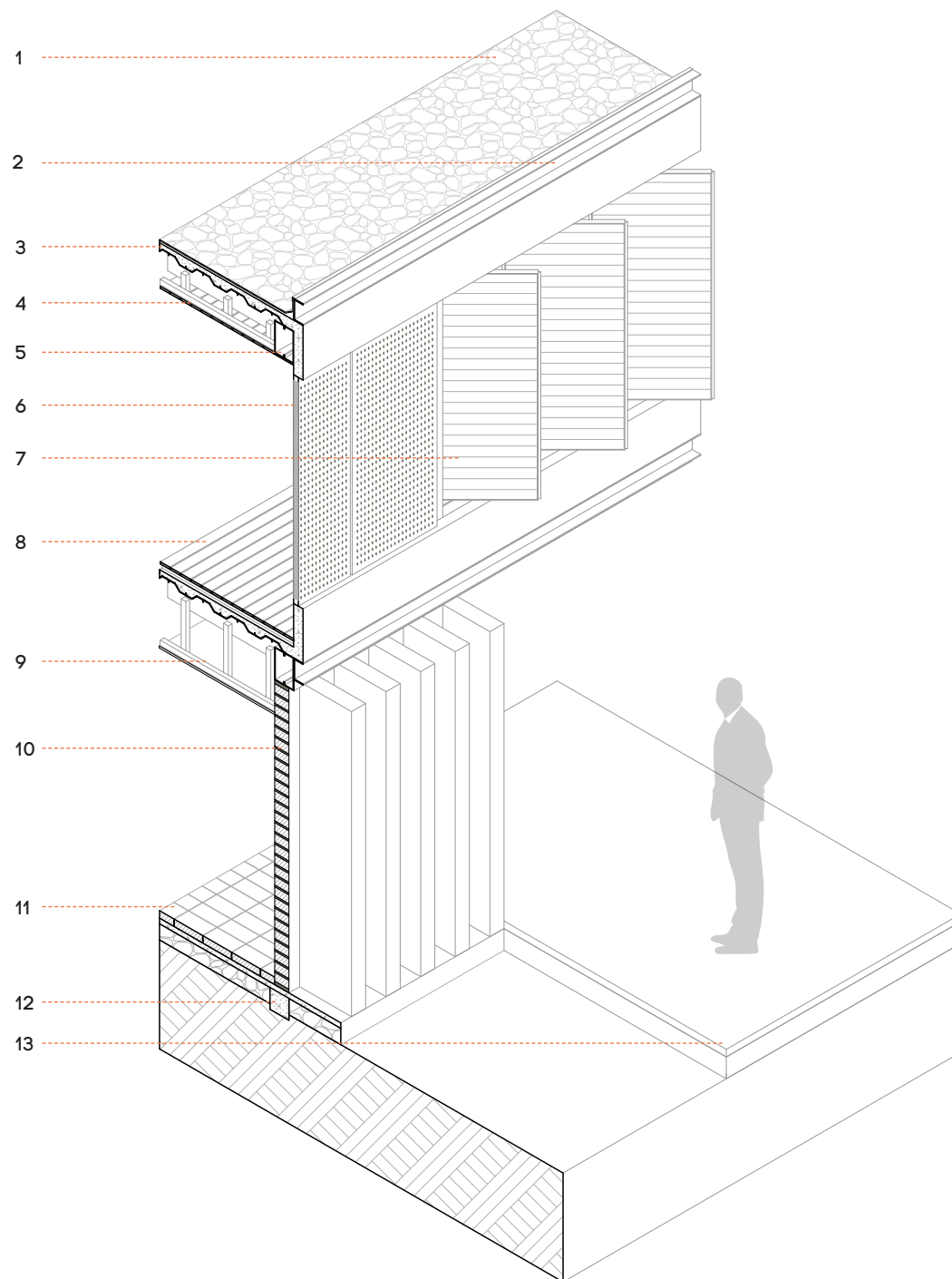
4.4.2 SECCIÓN CONSTRUCTIVA SC-02



1. Machihembrado tablas de madera teca 110x3000mm, espesor 20mm
2. Tira de madera teca 50x40mm
3. Malla R84 Φ 4mm y cuadrícula de 15x15cm
4. Varilla corrugada de refuerzo Φ 12mm
5. Conector de cortante
6. Viga 2G 200x75x25mm
7. Perfil metálico C200x100x10mm
8. Pletina metálica de 100x6000mm, espesor 6mm
9. Ladrillo macizo 280x130x70mm
10. Junta de mortero tendel e=15mm
11. Viga 2G 300x100x30x5mm
12. Tablero de yeso cartón espesor 10mm
13. Perfil C200x75x25mm
14. Adoquines de hormigón de 300x150x60mm
15. Nervometal, malla para enlucir
16. Losa de piso con replantillo de piedra Φ 150mm y chapa de compresión 50mm
17. Varilla de anclaje Φ 12mm
18. Estribos Φ 8mm
19. Varillas longitudinales Φ 12mm
20. Armadura zapata Φ 12mm
21. Replantillo de hormigón pobre $f'c=180\text{Kg/cm}^2$



Figura 73

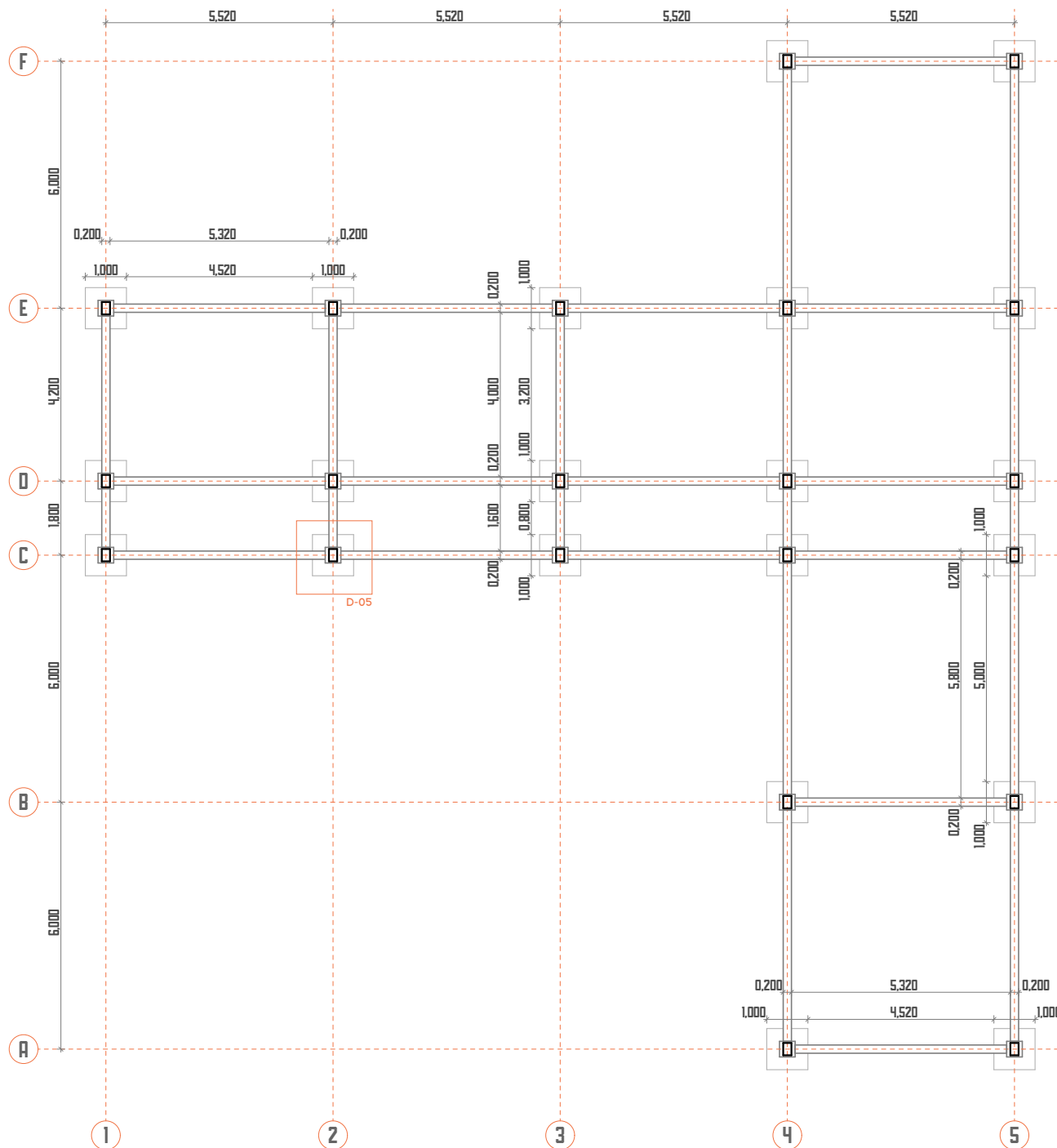


4.5

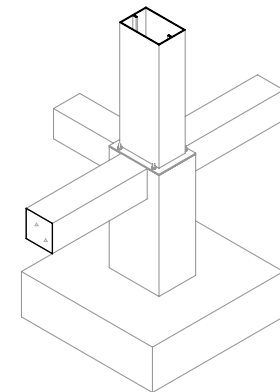
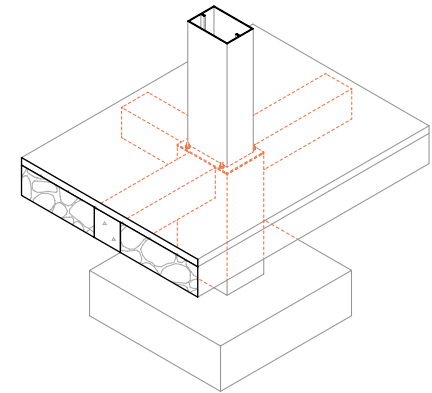
DETALLES CONSTRUCTIVOS

4.5.1 SECCIÓN ISOMÉTRICA

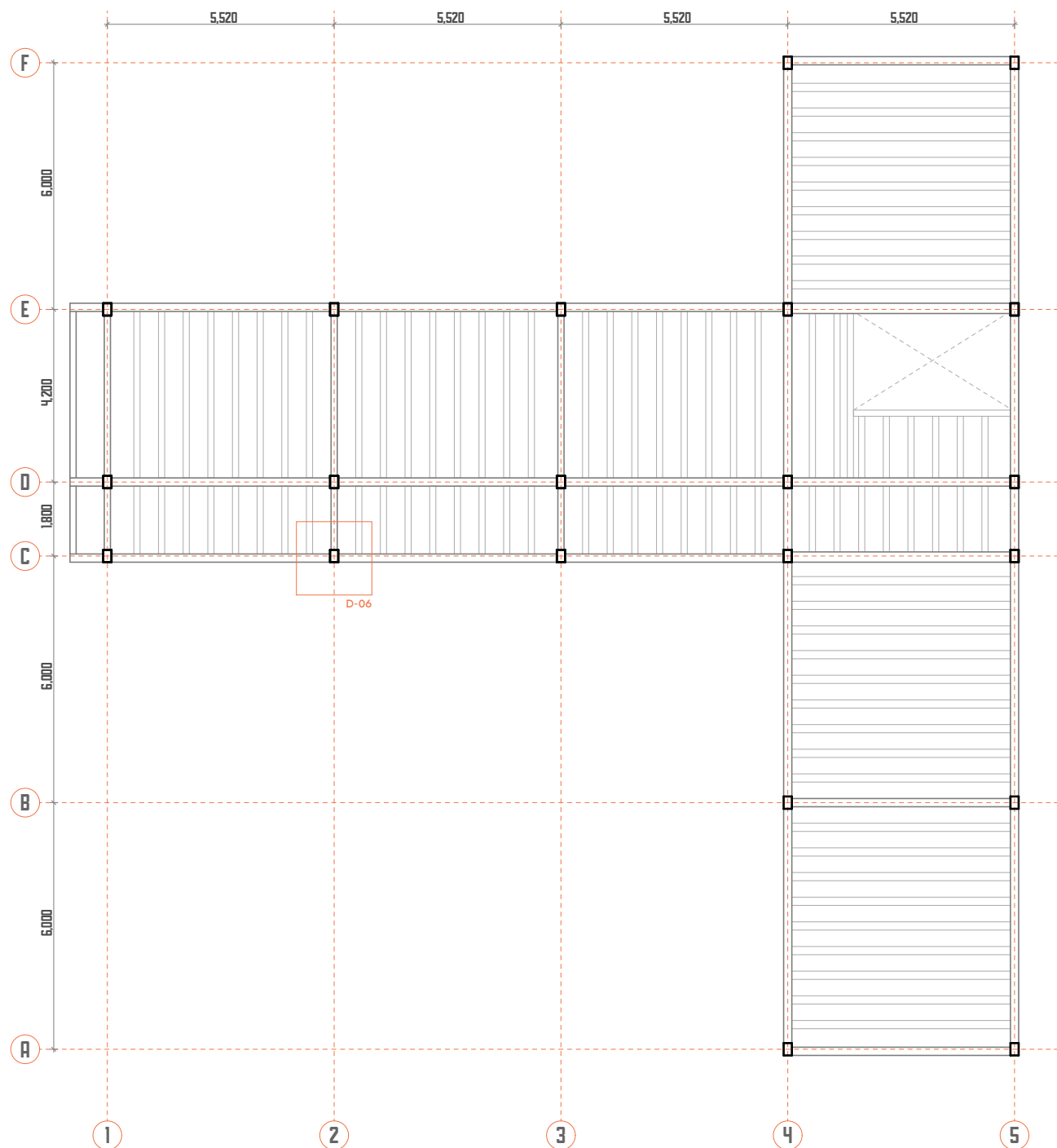
1. Gravilla en cubierta para proteger impermeabilizante
2. Perfil metálico C200x100x10mm como remate.
3. Losa con placa colaborante y hormigón reforzado para dintel como continuación de la losa.
4. Cielo raso en tablas de madera de pino sujetadas a viguetas mediante pletinas metálicas de 100x6mm y tiras de madera 40x50mm.
5. Viga 2G 300x100x30x5mm.
6. Panel MF prefabricado de fibra óptica y mortero con malla electrosoldada R64 - 3.5x15
7. Panel pivotante de tablas de teca, unión a machihembrado y marco de acero.
8. Piso acabado en tablas de madera de pino de 100x20mm.
9. Cielo raso de yeso cartón.
10. Pared de ladrillo macizo visto de 280x130x70mm
11. Piso acabado en adoquinado de hormigón de 300x150x60mm.
12. Cadena de hormigón armado
13. Piso acabado en adoquinado de hormigón 240x160x60mm,



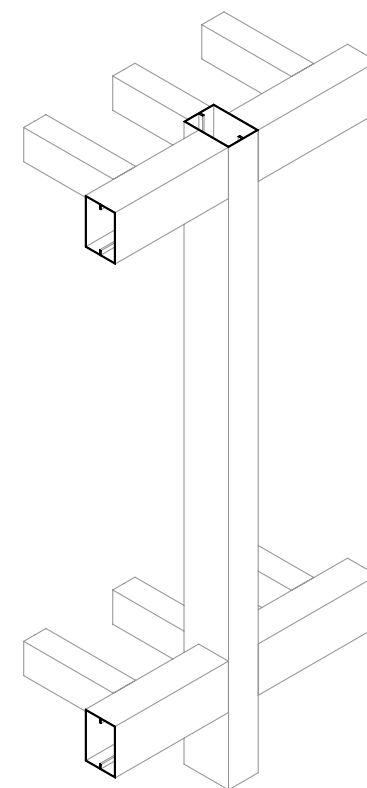
4.5.2 PLANTA CIMENTACIÓN



D-05

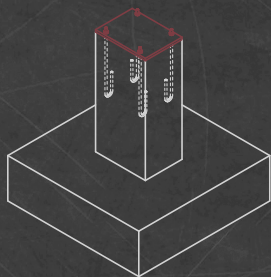
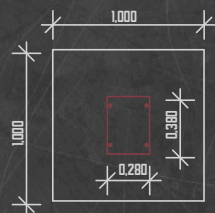


4.5.3 PLANTA ESTRUCTURA COLUMNAS-VIGAS



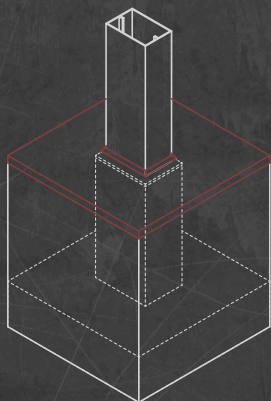
ANCLAJE COLUMNA CIMENTACIÓN D-05

Anclaje mediante placa metálica y varillas soldadas roscadas.



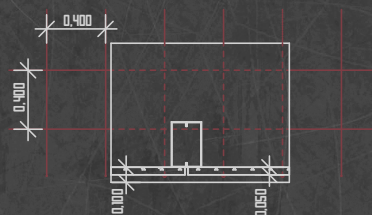
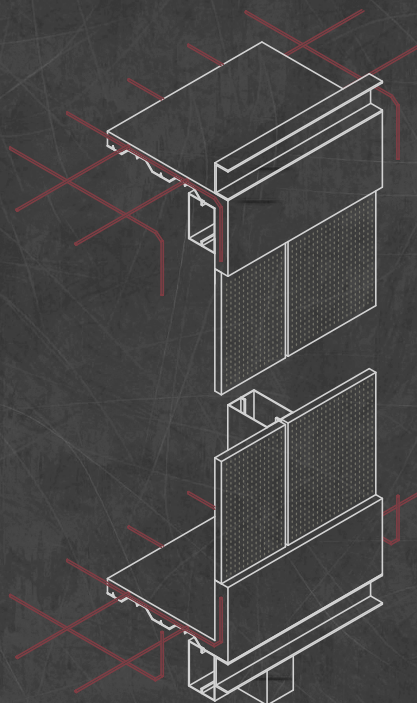
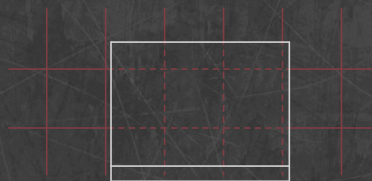
PLACA PERDIDA

Placa metálica perdida en la chapa de compresión de la losa de piso.



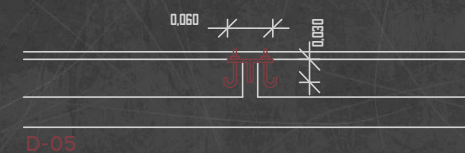
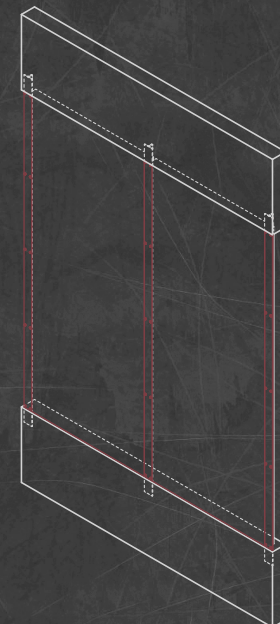
ARMADO LOSA ANTEPECHO, LOSA-DINTEL D-08

Varillas de refuerzo en losa y dintel, losa y antepecho.



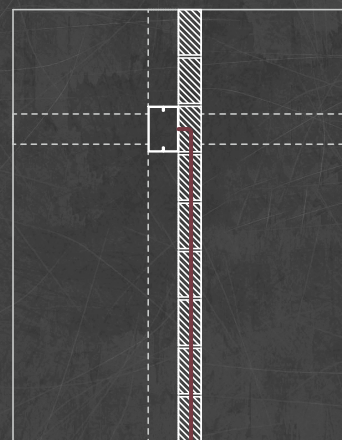
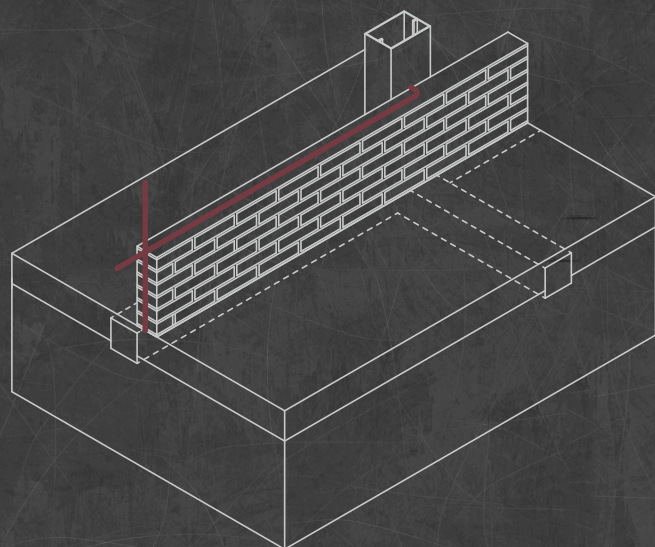
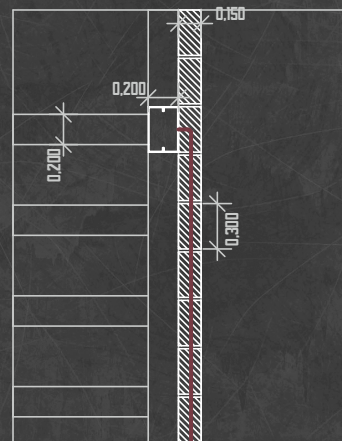
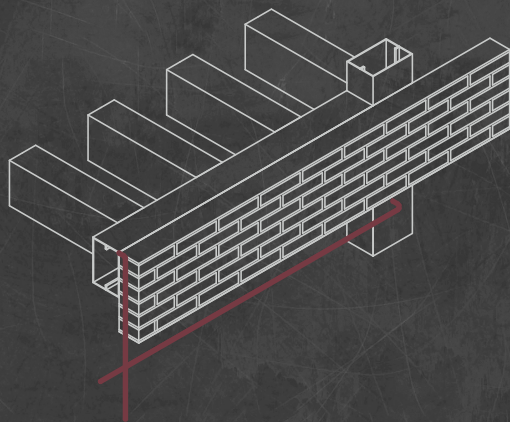
ANCLAJE PANEL MF CON ÁNGULOS D-09

Anclaje del módulo prefabricado con el antepecho y dintel mediante ángulos y ganchos J.



ANCLAJE MUROS DE LADRILLO Y COLUMNAS. D-07

Muros de ladrillo anclados mediante varillas soldadas a la estructura metálica.



4.5.4 DETALLES



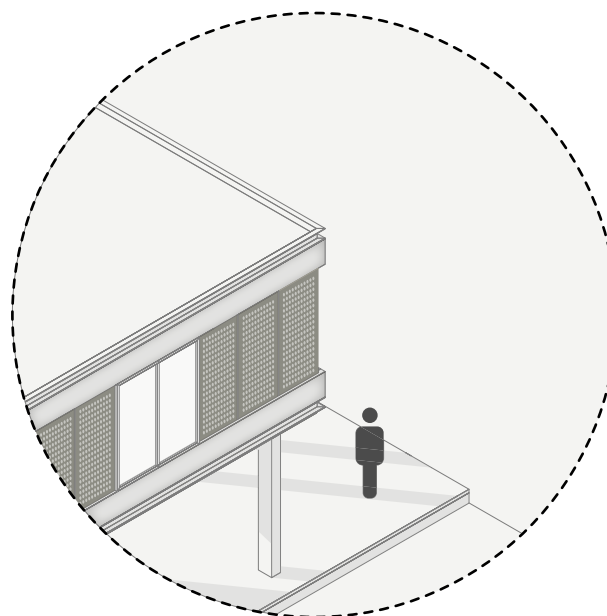
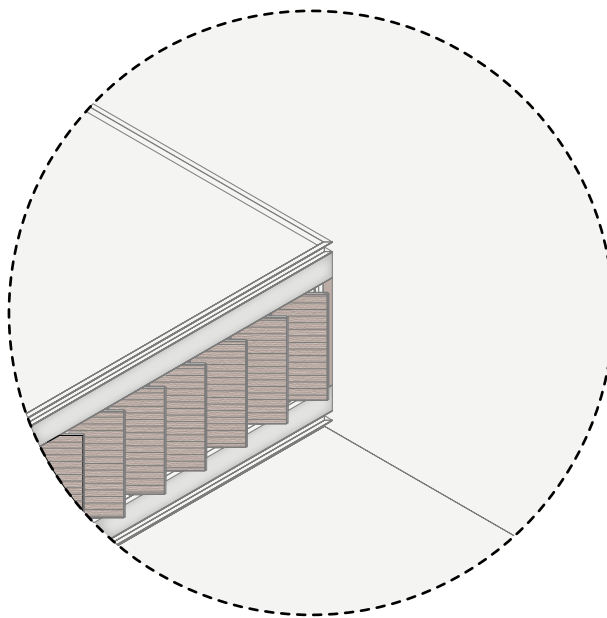
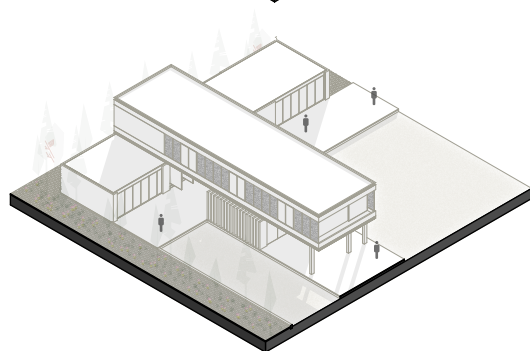
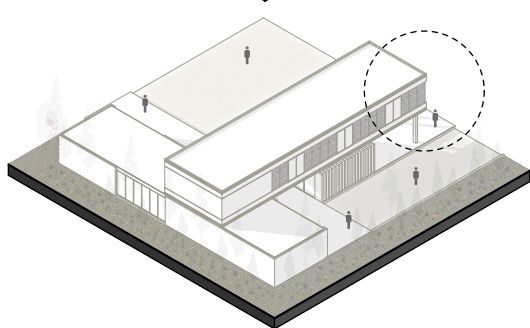
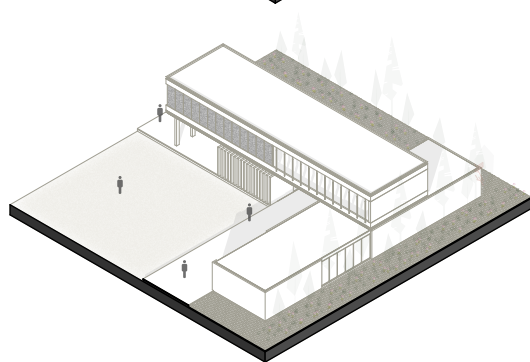
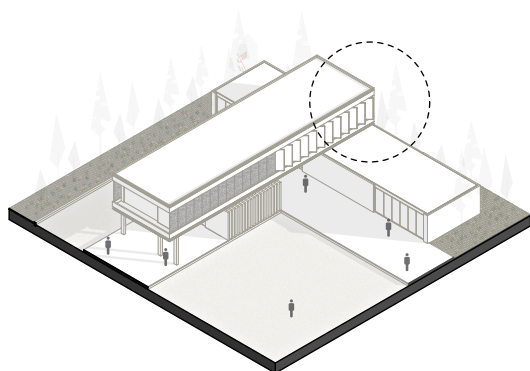
La cimentación de la vivienda MF se sustenta en zapatas de hormigón armado, en donde, se anclan las columnas metálicas por medio de ganchos de anclaje y una pletina la cual se pierde en la chapa de compresión de la losa de piso.

Las losas del bloque de segundo piso son de hormigón armado donde la armadura se continua al igual que el hormigón para conformar el antepecho en el caso de la losa de entrepiso, y el dintel en el caso de la losa de cubierta. Los Paneles MF se anclan a los mencionados dintel y antepecho por medio de ángulos metálicos los cuales se funden en estos con una modulación de acuerdo al panel, en separaciones de 90cm.

Los muros de ladrillo se levantan sobre la losa de piso y para que trabajen conjuntamente y se amaren a la estructura metálicas se utilizan varillas longitudinalmente y transversalmente.



Figura 74



4.6

PROPUESTA 3D

4.6.1 MATERIALIDAD, LUCES Y SOMBRAS

La materialidad del proyecto ha sido escogida en función al módulo el cual es de mortero pigmentado mediante óxido de hierro. La coloración adquirida es gris oscuro. La madera de teca para la fachada resalta el color gris oscuro del panel y el gris claro del antepecho y el dintel. La materialidad en planta baja son muros de ladrillo visto, vigas de acero negro vistas y los ventanales de cristal.

Al final la materialidad resulta en tonos negro y marrón con diferentes saturaciones y valores.



La textura de cada material al ser visto y expresado en su naturalidad da carácter al proyecto.





Figura 75



Figura 76



Figura 77



Figura 78



4.7

CONCLUSIONES

El anteproyecto es un claro ejemplo de aplicación del Módulo MF (fibra óptica como material principal y el mortero como secundario) demostrando ser una alternativa de prefabricado para fachadas, gracias a las propiedades de los materiales que lo componen. La fibra óptica beneficia al diseño del panel aportando un efecto de translucidez, dando así un acabado innovador y con mucho potencial para el diseño arquitectónico y de interiores. También al ser un transmisor de luz y datos, se podría generar un panel de mortero electrónico, el cual aporte diferentes funcionalidades, volviéndose este un tema de investigación multidisciplinario. El panel también puede servir como fachaleta, considerando una fuente de luz artificial. También existe la libertad de colocarlo de diferentes maneras. (Hay que considerar que un diferente tipo de colocación del módulo cambiara el modo de anclaje y por ende el molde del panel MF.)

4.8

RECOMENDACIONES

- El costo final del panel es uno de los puntos que esta investigación no trató y que debería ser llevado a cabo, debido al precio de la fibra óptica y a la disponibilidad en el Ecuador.

- Las dimensiones del cofre que se plantean en esta investigación son 2.10x0.90m, sin embargo, es recomendable plantear un encofrado que permita regular las dimensiones del mismo, para ofrecer un catálogo más extenso que satisfaga las exigencias de los diseñadores arquitectónicos.

- Es necesario indagar sobre la colocación de la fibra óptica en el cofre, ya que para tener mejores resultados en el efecto de translucidez se necesita un alto número de fibras ópticas con una pequeña separación entre ellas. Un medio mecanizado de colocación de la fibra óptica aportaría velocidad en la fabricación del panel.

- La posibilidad de generar un efecto de translucidez

mediante la fibra óptica a otros materiales abre muchas posibilidades creativas, para ello se recomienda realizar experimentaciones utilizando diferentes materiales.

- A nivel arquitectónico es recomendable el diseño de anclajes perdidos para la unión de paneles prefabricados, es decir, que estos no se evidencien en la fachada ni en los interiores de la edificación.

- La finalidad del panel es ofrecer cualidades estéticas a cualquier edificación y para ello se necesita plantear un anclaje factible y de fácil construcción que funcione con cualquier tipo de material como son el ladrillo, hormigón, madera y acero.

- Estudiar los efectos que la fibra óptica genera en el prefabricado, para determinar problemas y beneficios que presentes en el panel al momento de resistir esfuerzos.

REFERENCIAS DE IMÁGENES

Figura69: León, D. (2018), Vista norte o fachada posterior del anteproyecto vivienda unifamiliar aislada [Render].

Figura70: León, D. (2018), Vista sur o fachada frontal del anteproyecto vivienda unifamiliar aislada [Render].

Figura71: León, D. (2018), Vista de fachada y resultado de materialidad de sección constructiva SC-01 [Render].

Figura72: León, D. (2018), Vista de fachada y resultado de materialidad de sección constructiva SC-02 [Render].

Figura73: León, D. (2018), Perspectiva interior de circulación en planta baja, materialidad, iluminación y acabados [Render].

Figura74: León, D. (2018), Perspectiva exterior, volumetría y materialidad [Render].

Figura75: León, D. (2018), Perspectiva exterior, patios, iluminación [Render].

Figura76: León, D. (2018), Perspectiva interior, cocina y materialidad [Render].

Figura77: León, D. (2018), Perspectiva interior, sala y materialidad [Render].

Figura78: León, D. (2018), Perspectiva exterior, vista posterior y lateral izquierda [Render].

Figura79: León, D. (2018), Perspectiva interior, comedor y materialidad [Render].

